PROBLEMAS
DEL MUNDO
CONTEMPORANEO

HISTORIA DE LA CIENCIA: INVESTIGACIONES SOVIETICAS

TOMO I

REDACCION "CIENCIAS SOCIALES CONTEMPORANEAS"
ACADEMIA DE CIENCIAS DE LA URSS

INSTITUTO DE HISTORIA
DE LAS CIENCIAS NATURALES Y LA TECNICA

SERIE: "PROBLEMAS DEL MUNDO
CONTEMPORANEO" (103)

HISTORIA DE LA CIENCIA: INVESTIGACIONES SOVIETICAS

TOMO I

Redacción "Ciencias Sociales Contemporáneas"
Academia de Ciencias de la URSS
Moscú, 1985

И $\frac{1403000000 - 20}{042(02) - 85}$ 391 - 85 (II)

Las recopilaciones de la Serie "Problemas del mundo contemporáneo" se publican bajo la redacción científica general de J.GRIGULEVICH, miembro correspondiente de la AC de la URSS.

Secretario responsable de la Serie: M.GONCHARUK.

Consejo de redacción de la recopilación: S.MIKULINSKI, miembro correspondiente de la AC de la URSS (redactor responsable); Yu.VORONKOV, candidato a doctor en Ciencias Técnicas; A.VOLODARSKI, candidato a doctor en Ciencias Físico-Matemáticas.

Redactor: V.TSIGANKOV.

La recopilación se publica en español e inglés

Responsable del texto en español: N.GOLDGUBER.

Dirección de la Redacción: Arbat 33/12, Moscú, 121002, URSS

SUMARIO

INTRODUCCION

La presente recopilación ha sido preparada por el Instituto de Historia de las Ciencias Naturales y la Técnica de la Academia de Ciencias de la URSS en ocasión del XVII Congreso Internacional de Historia de la Ciencia. Es una peculiar continuación de las recopilaciones *Estudios soviéticos sobre la historia de la ciencia* (1977) y *Ciencia y técnica: humanismo y progreso* (en dos tomos, 1981), editados por la Redacción "Ciencias Sociales Contemporáneas". Esta recopilación se publica en dos tomos y contiene trabajos sobre historia de la ciencia, así como artículos de los más connotados estudiosos soviéticos especialistas en filosofía, física, mecánica y geología.

El primer tomo de la recopilación se abre con un artículo dedicado al desarrollo de la ciencia soviética en un período de más de 60 años. En estos años se han realizado en la URSS históricas transformaciones en la vida económica, sociopolítica y cultural, se ha edificado una sociedad socialista desarrollada. La Unión Soviética ha dado también ejemplo de rápido desarrollo de la ciencia y la técnica; sus adelantos, por primera vez en la historia, han pasado a ser patrimonio de todos los trabajadores y se han puesto al servicio del pueblo, del verdadero humanismo y de la paz. Gracias a la aplicación consecuente de la política leninista de las nacionalidades, se han creado las condiciones más favorables para el rápido desarrollo de la economía y la cultura de las áreas antes rezagadas. Este artículo constituye una versión -completada con nuevos datos- de la introducción al libro *Ciencia soviética: resultados y perspectivas. Con motivo del 60 aniversario de la formación de la URSS* (Moscú, 1982, redactor responsable: académico A.Alexándrov, Presidente de la Academia de Ciencias de la URSS).

El trabajo de P.Fedoséev, eminente filósofo soviético, miembro efectivo de la AC de la URSS, Vicepresidente de la misma, trata de la dialéctica materialista y las ciencias naturales contemporáneas. Desde su surgimiento, la filosofía marxista rompió decididamente con las orientaciones de la filosofía de la naturaleza, que imponen a las ciencias naturales concepciones apriorísticas y conducen a suplantar el análisis de los problemas concretos por razonamientos gratuitos y los nexos reales por ficticios, fantásticos. C.Marx y F.Engels, fundadores de la filosofía científica, vieron su cometido en elaborar, sobre la base del estudio de las leyes más generales de la naturaleza,de la sociedad y del pensamiento, un enfoque integral, científicamente fundamentado, del mundo. Esta concepción de la materia de la filosofía científica y de sus relaciones con las ciencias naturales fue desarrollada por V.I.Lenin, quien llegó a la conclusión de que la intelección filosófica de los logros de las ciencias naturales, de toda la historia del conocimiento humano, de la técnica, la cultura material y espiritual y de todos los procesos de la vida de la sociedad es la fuente principal del desarrollo de la dialéctica materialista. Los principios leninistas del análisis filosófico de las ciencias naturales conservan su vigor también hoy, siendo una segura brújula para la intelección conceptual y metodológica de los más recientes logros y de las perspectivas del desarrollo de la ciencia.

El artículo del académico B.Kédrov está dedicado al 165 aniversario del natalicio de Carlos Marx, fundador del comunismo científico, fecha ampliamente conmemorada en todo el mundo. Marx no solo fue un gran revolucionario, sino también un gran sabio, fundador de la doctrina que lleva su nombre. Como era dialéctico-materialista, a Marx le interesaba constantemente el movimiento del conocimiento científico, su regularidad. En el artículo se examinan los puntos de vista de Marx sobre el curso general del conocimiento científico, y, en este sentido, sobre el objeto de la ciencia en general, sobre el método científico, la adecuación a fines del conocimiento científico y las particularidades del trabajo de los estudiosos. Además, se dedica especial atención a los nexos entre las ideas de Marx y la contemporaneidad a su valor de actualidad.

El mantenimiento y robustecimiento de la paz, la conjuración de una nueva guerra destructora es el problema clave de nuestra época. La política leninista de paz, consecuentemente aplicada por el Estado soviético, responde a los intereses cardinales de todos los pueblos del planeta. Sobre la lucha de los científicos por la paz, contra el peligro de exterminio de la humanidad como resultado de la carrera armamentista sin precedentes por su escala, desatada por el imperialismo, versan los artículos del académico M.Márkov y del profesor I.Mochálov, conocidos estudiosos soviéticos en física nuclear.

M.Márkov, subrayando la trascendencia de A.Einstein para la lucha de los pueblos por la paz, destaca que mucho de lo que pensó y dijo el gran sabio guarda directa relación con el presente y el futuro de toda la civilización. El problema cardinal estriba en una cosa: ¿tiene la humanidad futuro, o será aniquilada en un conflicto nuclear mundial? El propio Einstein vivió dos guerras mundiales y es natural su incansable dinamismo por comprender y encontrar la solución al problema fundamental de cómo hacer que la humanidad viva en paz y cómo conjurar una tercera guerra mundial.

I.Mochálov muestra en su trabajo cómo los sabios más perspicaces enfocaron por primera vez el peligro del exterminio nuclear y advirtieron a la humanidad sobre el mismo, correspondiendoles en ello un papel relevante a Pierre Curie y V.Vernadski. En su discurso, con motivo de la obtención del Premio Nóbel en 1905, Pierre Curie expresó que en manos criminales el radio podía constituir un peligro grave, por lo que se preguntaba si saldría ganando la humanidad con conocer los arcanos de la naturaleza, si había madurado lo suficiente como para usarlos, o si dicho conocimiento redundaría en su perjuicio. El propio Pierre Curie se catalogaba entre quienes pensaban que la humanidad saldría más beneficiada que perjudicada con los nuevos descubrimientos.

Desde 1907, V.Vernadski aborda el estudio sistemático de los minerales radiactivos; a raíz de ello, establece contactos científicos con varios estudiosos extranjeros, entre ellos, con Marie Curie. El trabajo avanza con buen éxito, se obtienen los primeros resultados esperanzadores. Pero al mismo tiempo Vernadski

comprende la enorme responsabilidad moral que los estudiosos asumen. Al intervenir en 1910 en la Asamblea General de la Academia de Ciencias en Petersburgo, Vernadski expresó que se habían descubierto fuentes de energía, ante cuya fuerza y significación palidecían la fuerza del vapor, la fuerza de la electricidad y la fuerza de los procesos químicos explosivos y que los fenómenos de la radiactividad proporcionaban fuentes de energía atómica, millones de veces superiores a todo lo concebido por la imaginación humana.

Después de comenzada la Primera Guerra Mundial, Vernadski, con el temperamento inherente a él, advirtió a la humanidad sobre la terrible amenaza de autoexterminio que sobre ella se cernía. En particular, en su artículo "La guerra y el progreso de la ciencia" (1915), Vernadski escribió que la guerra entonces desatada no era la última y que una nueva guerra enfrentaría tales medios y métodos de destrucción que dejarían muy atrás las penalidades de la guerra de 1914-1915.

En nuestros días, las proféticas previsiones y advertencias de Pierre Curie y de Vernadski suenan tan actuales como nunca. Los estudiosos de todo el mundo deben hacer todo lo que de ellos dependa para detener la amenaza de exterminio nuclear de la humanidad.

En el presente tomo se dedica mucha atención al estudio de la obra de los más relevantes sabios soviéticos y extranjeros, que han pasado a ser objeto de una multilateral indagación histórico-científica: I.Pávlov, creador de la doctrina materialista sobre la actividad nerviosa superior; D.Mendeléev, quien descubrió la ley periódica de los elementos químicos; V.Vernadski, fundador de la geoquímica, la biogeoquímica y la radiogeología; A.Fridman, matemático y geofísico soviético, en cuyos trabajos se asienta la cosmología moderna; L.Galvani y A.Volta, unos de los fundadores de la doctrina sobre la electricidad.

S.Mikúlinski,
miembro correspondiente de la AC de la URSS;
Yu.Voronkov,
candidato a doctor en Ciencias Técnicas;
A.Volodarski,
candidato a doctor en Ciencias Físico-Matemáticas.

LA CIENCIA SOVIETICA: BALANCE Y PERSPECTIVAS

En el proceso de formación y desarrollo del Estado soviético multinacional, de su transformación en una poderosa potencia socialista, baluarte de la paz y el progreso social en el mundo entero, un papel importante pertenece a la ciencia soviética.

En el presente artículo se analizan los grandes cambios y logros alcanzados durante los años del Poder Soviético en el desarrollo de la ciencia, las direcciones principales de este progreso y el papel de la ciencia en la construcción de la nueva sociedad. Se muestran también las principales tendencias y perspectivas de las investigaciones científicas en la URSS en el campo de la energética, la física, la química, la biología, en la exploración del Cosmos, de la Tierra y sus recursos, del propio hombre y de su medio ambiente.

Al encabezar la construcción del socialismo en la URSS, el PCUS se guía por las ideas básicas de Marx, Engels y Lenin sobre el papel de la ciencia en la sociedad, sobre la importancia de la ciencia y la técnica en la construcción del socialismo. V.I.Lenin, fundador del primer Estado socialista en el mundo, no sólo hizo un grandísimo aporte al desarrollo teórico de la doctrina marxista sobre el papel de la ciencia en el progreso social, sino que asistió al inicio de la elaboración práctica de la política del Partido y del Gobierno en el dominio de la ciencia y la técnica considerando que la tarea principal de la transformación revolucionaria en este ámbito era hacer que la suma de conocimientos y experiencias acumulados por la humanidad fuera patrimonio de las amplias masas populares y convertirlas en un medio para la construcción de la sociedad socialista.

Después de la Gran Revolución Socialista de Octubre, la ciencia pasa a ser una de las bases de la construc-

ción de la nueva sociedad, se hace una poderosa fuerza de transformación social. De asunto personal de individuos aislados, que sólo podían contar con sus propias fuerzas, el apoyo de mecenas y escasas dotaciones estatales, en las nuevas condiciones históricas se convirtió en causa nacional que orgánicamente está relacionada con el proceso de desarrollo económico, social y cultural del país y que goza de amplio reconocimiento social, de la atención y la solicitud del Estado.

Desde los primeros años del Poder soviético se fueron poniendo los cimientos para que se desarrollasen ampliamente todas las ramas del saber científico y todas las direcciones de la actividad científica. Incluso en los años más difíciles de la guerra civil y de la intervención extranjera, el Gobierno soviético, encabezado por V.I.Lenin, hizo todo lo posible no solo para utilizar en forma cabal todo lo valioso acumulado por la ciencia universal y nacional, sino también -lo principal- para su desarrollo futuro.

El Estado soviético incorporó e introdujo con certeza al sistema de actividad científica del País de los Soviets las instituciones científicas ya existentes, formadas históricamente y, ante todo, la Academia de Ciencias a la cual le fue encomendada la importante tarea de organizar y llevar a cabo las investigaciones relacionadas con el análisis y la utilización de los recursos naturales del país para restablecer la economía nacional y satisfacer las necesidades de la construcción socialista. En los años 1918-1921, la Academia de Ciencias, por encargo del Gobierno soviético, desplegó amplios trabajos de exploración, así como investigaciones orientadas a crear nuevas industrias. La Academia de Ciencias fue un activo ayudante en la formación de la red estatal de instituciones científicas.

El total de instituciones científicas del primer Estado de los trabajadores en el mundo casi se triplicó durante el primer lustro posrevolucionario. Durante el período más difícil en la historia de la joven República Soviética (1918-1921) fueron creados casi 50 institutos de investigación científica. Entre ellos figuraron aquellos con los que más tarde estuvo ligada toda la historia de la ciencia soviética. Estos son los Institutos de Optica, Físico-Técnico y de Rádium; el Instituto Central de Aerodinámica N.E.Zhukovski; la Aca-

demia socialista de Ciencias Sociales y muchos otros.

En los centros científicos se desarrollaban nuevos derroteros de investigaciones en ciencias naturales teóricas y aplicadas y en técnica;en el terreno de las ciencias sociales se estudiaban los problemas de la teoría marxista-leninista. Se formaban los futuros cuadros de investigadores y las primeras escuelas científicas soviéticas.

Apoyándose en el potencial científico de la Academia de Ciencias y de los recién formados centros de investigación científica, el Estado soviético inició la realización del grandioso programa de trabajos científico-técnicos trazado por V.I.Lenin, para el desarrollo multifacético de las fuerzas productivas del país. Se desplegaron los trabajos de electrificación que trajeron aparejado todo un complejo de investigaciones físicas, mecánicas, químicas, técnicas, económicas. Empezaron el estudio planificado de la anomalía magnética de Kursk y de los yacimientos de valiosas materias primas químicas en el golfo de Kara Bogaz Gol, las investigaciones en edafología, en agronomía experimental, genética teórica y práctica, microbiología médica y epidemiología.

En la difícil época de formación de la joven República Soviética hicieron un aporte inapreciable al desarrollo de la ciencia y la economía nacional el presidente de la Academia de Ciencias A.Karpinski y su vicepresidente V.Steklov, los científicos K.Timiriázev, A.Baj, A.Krilov, N.Zhukovski, V.Vernadski, V.Jlopin, N.Zelinski, I.Gubkin, I.Pávlov, V.Komarov, P.Lázarev, A.Ioffe, D.Rozhdéstvenski y muchos otros científicos que no escatimaron fuerzas para crear nuevos centros de investigación científica y preparar cuadros de investigadores.

Un factor importantísimo para el desarrollo de la ciencia soviética fue la extensión de su base social. En agosto de 1918, V.I.Lenin firmó la disposición del Consejo de Comisarios del Pueblo "Sobre las normas de admisión en los establecimientos de enseñanza superior" que concedía a los obreros y campesinos pobres derecho preferente para el ingreso. El Estado se encargaba de costear sus estudios. En setiembre de 1920, el Consejo de Comisarios del Pueblo adoptó el Decreto "Sobre las facultades obreras". Un torrente de juven-

tud obrera se precipitó a las universidades y a otros centros de enseñanza superior. Por primera vez en la historia, el pueblo obtuvo la posibilidad real de iniciarse en todos los logros de la ciencia y la cultura. En este plano tuvo gran importancia la extensión de la red de centros científico-educativos, la creación de universidades en las regiones nacionales y apartadas, y ante todo allí donde antes de la Gran Revolución Socialista de Octubre no había ni un solo centro de enseñanza superior. En los primeros años del Poder soviético empezó a formarse la red de centros docentes superiores en Bielorrusia y en las repúblicas del Asia Central y Transcaucasia, en el territorio de los Urales y de Siberia Oriental.

El PCUS y el Gobierno soviético se orientaron hacia liquidar la desigualdad económica y cultural, formada históricamente, de los pueblos de las regiones periféricas del país. En el conjunto de medidas dirigidas a resolver este complejo problema un lugar muy importante lo ocupó la creación de centros de enseñanza y actividad científica en estas regiones. Las universidades de Bakú, Ereván, Tbilisi, Minsk, Tashkent, Irkutsk, Vladivostok y otras ciudades junto con la Academia de Ciencias de Ucrania, el Instituto de Cultura Bielorrusa, el Instituto de Estudios Caucasianos y otros centros -creados en los años 1918-1922- sirvieron de base para formar la red de instituciones científicas en las repúblicas federadas y aseguraron la gran envergadura de la revolución cultural que en los años posteriores englobó a los pueblos de la URSS.

En el proceso de formación del potencial científico los centros científicos de la Federación Rusa prestaron una considerable ayuda a las repúblicas federadas. Las universidades e institutos de enseñanza superior de Rusia dieron acceso a la juventud trabajadora y comenzaron a preparar cuadros nacionales de especialistas para las repúblicas federadas. La Academia de Ciencias desempeñó un papel muy importante; su actividad tenía en aquel entonces el carácter auténtico de centro nacional. El rápido desarrollo de la red de institutos académicos en la década del 20, el despliegue de importantísimas investigaciones de problemas teóricos y económicos y el creciente papel de la Academia de Ciencias en la organización de la actividad

científica favorecieron el rápido crecimiento de su autoridad. En el año 1925, el Comité Ejecutivo Central y el Consejo de Comisarios del Pueblo adoptaron la disposición "Sobre el reconocimiento de la Academia de Ciencias de Rusia como la institución científica superior de la Unión de RSS". Recibió el nombre oficial de "Academia de Ciencias de la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas".

Después de la constitución de la URSS, la Academia de Ciencias desplegó una investigación sistemática y multifacética de los recursos naturales y de las fuerzas productivas de las repúblicas federadas y regiones nacionales. En los años 20 y 30, las expediciones académicas abarcaron literalmente todo el país. Los científicos de la Academia de Ciencias de la URSS incorporaron a este trabajo a jóvenes de talento, transmitiéndoles generosamente sus conocimientos y experiencias e iniciándolos en la actividad investigadora, formándose así las primeras colectividades de investigación científica.

El proceso de organización de la ciencia en cada república federada estuvo indisolublemente ligado al despliegue de la construcción socialista y de la revolución cultural, al curso del Partido y del Gobierno dirigido al desarrollo de las fuerzas productivas de todas las regiones de la URSS.

Durante los primeros quinquenios fueron creados y se desarrollaron rápidamente nuevos complejos industriales en las zonas orientales del país. Junto con la industria se extendió a Oriente la ciencia sectorial y académica. En Siberia y Asia Central se construyeron no solo gigantes industriales y bases de materias primas y energéticas sino también nuevos focos de investigación científica: institutos y laboratorios especializados, centros de investigaciones fundamentales, bases y sucursales de la Academia de Ciencias de la URSS.

En la formación del potencial científico un papel de primordial importancia lo cumplieron las secciones sucursales y las bases de la Academia de Ciencias de la URSS que se crearon y trabajaron en Azerbaidzhán, Armenia, Georgia, Kazajstán, Tadzhikistán, Turkmenia y Uzbekistán, así como en la República Federativa de Rusia: en la península de Kola, en los Urales y en el

Extremo Oriente. Estos eran institutos complejos o agrupaciones de institutos que no solo se dedicaban al estudio de las fuerzas productivas de las respectivas regiones y de la cultura de sus pueblos, sino que eran centros de organización de las fuerzas científico-técnicas y focos de preparación de los cuadros nacionales de investigación científica.

En los lustros de preguerra aumentó considerablemente la red de centros de enseñanza superior de las repúblicas federadas y entre ellos las universidades, base principal para la preparación de la intelectualidad científica nacional. En esta tarea un lugar importante lo ocupó también la actividad de las más grandes universidades de la Federación Rusa: las de Moscú, Leningrado y otras. Los científicos de la Rusia socialista transmitieron a los jóvenes colegas de las repúblicas hermanas la rica experiencia histórica de la ciencia rusa, sus tradiciones avanzadas, la cultura y los hábitos del trabajo de investigación.

La edificación del socialismo en los años de preguerra estuvo acompañada de un enérgico desarrollo de la enseñanza pública y de la cultura. La red de centros de enseñanza superior y de investigación científica aumentó bruscamente, su geografía cambió en grado considerable. Si en 1922 en el país había poco más de mil células científicas de diversas especialidades y finalidades (3/4 partes del total estaban concentradas en las regiones centrales de Rusia, principalmente en Moscú y Petrogrado), en 1940 la cantidad de estas instituciones de investigación científica alcanzó la cifra de 2.359. En este lapso de tiempo, tuvo lugar un brusco viraje de la ciencia hacia las necesidades prácticas, hacia las importantísimas demandas de la construcción socialista. En la década del 30 comenzaron a planificarse las investigaciones científicas a escala nacional. La ciencia soviética se convirtió en una parte orgánica e inseparable del sistema único de economía nacional y de cultura de la URSS que estaba desarrollándose en forma planificada.

En estos años las colectividades científicas de la Unión Soviética, encabezadas por la Academia de Ciencias de la URSS, desplegaron complejas investigaciones de gran importancia para la economía nacional. Este trabajo significó mucho en la asimilación industrial

de las regiones orientales, en la formación de la base carbonífera y metalúrgica del país y de los nuevos gigantes siderúrgicos, en particular, los de Magnitogorsk y Kuznetsk. Los especialistas soviéticos proyectaron grandes sistemas electroenergéticos, participaron en la construcción de la Central hidroeléctrica de Dniéper (Dneprogués), del ferrocarril Turquestán-Siberia (Turksib), en la investigación del Artico y en el potenciamiento de la Ruta Marítima del Norte. Grandes éxitos fueron logrados en investigaciones fundamentales.

Se determinó y creció el rol de la ciencia soviética en la sociedad, caracterizada por tener profunda concordancia entre las relaciones sociales y las necesidades internas del desarrollo de la ciencia.Esta circunstancia fue uno de los principales factores del acelerado desarrollo de la ciencia y de su influencia en todos los aspectos de la vida de la sociedad soviética.

El frente de investigaciones científicas se amplió inmensurablemente y, lo principal, se convirtió en un todo continuo. Ya en los años de preguerra, la ciencia soviética era capaz de asegurar un alto nivel de investigaciones casi en todas las direcciones del saber científico y podía resolver autónomamente problemas esenciales del progreso científico-técnico. Se puede decir que la formación de un frente continuo de la ciencia en la URSS, desde el punto de vista histórico, puede compararse con alcances tales del pueblo soviético como la industrialización del país y la reconstrucción socialista de la agricultura. Un índice de esta formación fue el rápido desarrollo de la Academia de Ciencias de la URSS como centro nacional de investigaciones fundamentales, la organización y el amplio despliegue de trabajos de investigación científica en varias ramas de la industria, la agricultura, la salud pública y otras esferas de la práctica social; la creación y el desarrollo de las academias ramales: la Academia V.I.Lenin de Ciencias Agrícolas de la URSS, la de Medicina, la de Pedagogía, etc.

Los científicos, ingenieros y técnicos soviéticos hicieron un aporte considerable en la formación de la potente base técnica y material del socialismo y en el reforzamiento de la capacidad defensiva de la URSS que en mucho determinó la victoria del pueblo soviético sobre la Alemania hitleriana.

En los años de la Gran Guerra Patria, los científicos de la URSS realizaron con éxito grandes trabajos prestando al frente ayuda científica y técnica directa, elaborando nuevas tecnologías en las principales ramas de la industria defensiva, investigando y movilizando las enormes riquezas naturales de la URSS para las necesidades del frente y de la retaguardia. En los años de posguerra participaron activamente en la lucha de todo el pueblo por la reconstrucción y el ulterior desarrollo de la economía nacional.

Durante la década de los años 40 y la primera mitad de la de los 50 la ciencia soviética creció y se fortaleció considerablemente desde el punto de vista organizativo. Aumentó el número de establecimientos científicos y de cuadros. Fueron creados nuevos centros científicos, entre ellos nuevas bases y sucursales de la Academia de Ciencias de la URSS: las sucursales en Kazán, en la RSSA de Bashkiria y en Siberia Oriental, las bases en Daguestán, Moldavia y Yakutia.

Para unificar los esfuerzos de las Academias de Ciencias de las repúblicas federadas en la resolución de problemas científicos de gran importancia, para planificar y coordinar mejor sus actividades, en 1945 fue organizado el Consejo de coordinación de la actividad científica de las Academias de Ciencias de las repúblicas federadas, adjunto a la AC de la URSS.

Ya que en las últimas décadas crecieron la escala y la complejidad de las tareas de la construcción económica y cultural, el significado social de la ciencia y su influencia en todas las esferas de la sociedad soviética aumentó aún más. La revolución científico-técnica en desarrollo abrió nuevas perspectivas no sólo para el progreso de la ciencia misma, sino también para la elevación adicional de las fuerzas productivas del país. Bajo la revolución científico-técnica cambió la correlación entre la ciencia y la producción. La ciencia va convirtiéndose en un factor anticipador del progreso técnico y del desarrollo de la producción social en su conjunto.

Cambios importantes se han producido en el progreso social del país: la URSS entró en un nuevo período de su historia, el del socialismo desarrollado. Se coronó completamente la reconstrucción de las relaciones sociales sobre bases colectivistas propias del socialis-

mo, la economía del país se transformó en un complejo único nacional, se realizó un importante paso hacia el acercamiento de las clases y grupos sociales, las naciones y nacionalidades, se formó una nueva comunidad histórica de hombres, el pueblo soviético. En condiciones del socialismo maduro, la ciencia, basándose en el inmenso potencial material, productivo e intelectual que se crea con las fuerzas unidas de todos los pueblos de la Unión Soviética, y utilizando en todas sus formas los logros de la revolución científico-técnica, se convirtió en fuerza productiva directa. Las relaciones sociales socialistas y la ciencia interactúan estrechamente en el curso de su desarrollo y los acelerados ritmos del progreso científico-técnico, económico y social en la URSS confirman evidentemente el postulado de que socialismo y ciencia son inseparables.

El alto nivel de la gran industria moderna, la preparación de un verdadero ejército de cuadros científico-técnicos altamente calificados crearon las condiciones necesarias para el progreso científico-técnico que permite resolver con éxito muchos problemas científicos. Se acrecentó considerablemente el equipamiento técnico de la ciencia en cuyo arsenal experimental ahora hay muchas instalaciones técnicamente complejos, como, por ejemplo, potentes aceleradores nucleares, radiotelescopios, etc.

En las últimas décadas adquieren gran envergadura las investigaciones en ciencias fundamentales que preparan las condiciones necesarias para el ulterior progreso científico-técnico. La singularidad distintiva de la ciencia soviética consiste en su carácter integral: sus logros son producto del trabajo unificado de grandes colectividades investigadoras que trabajan en dominios muy distintos del saber. El enfoque integral para organizar las investigaciones científicas dio a la ciencia y la técnica soviéticas la posibilidad de resolver en breve plazo el problema nuclear y poner los cimientos de su energética.

Ya en 1946 en la URSS fue puesto en marcha el primer reactor atómico. Se creó una potente industria atómica. La orientación de la Unión Soviética al uso pacífico de la energía atómica favoreció el desarrollo de la energética nuclear, la construcción de los rompehielos atómicos pacíficos "Lenin", "Artica" y "Sibe-

ria". En 1954 produjo corriente industrial la primera central atómica de electricidad con una potencia de 5.000 kW. En 1980 en la URSS funcionaban 12 centrales nucleares con una potencia total de más de 10 millones de kW. El XXVI Congreso del PCUS en sus resoluciones formuló las tareas del ulterior desarrollo del complejo energético y de combustible del país, comprendida la construcción de centrales eléctricas con reactores rápidos. Se han intensificado las investigaciones dedicadas a la física del plasma caliente y al problema de la fusión termonuclear controlada. Se efectúan trabajos en la fusión termonuclear aplicando electrónica y láser, direcciones avanzadas de investigación de los problemas de la energética termonuclear. Concluyó la construcción de las instalaciones termonucleares únicas "Tokamak-7" y "Tokamak-10", se construye "Tokamak-15", la mayor de las instalaciones de este tipo en el mundo con un sistema magnético superconductor. En la central eléctrica estatal de distrito de Riazán está en proceso de construcción el generador magnetohidrodinámico de 500.000 kW, único en su género.

Las bases teóricas de los vuelos cósmicos, creadas en la URSS en los años de preguerra y los estudios prácticos de los pioneros de la técnica coheteril permitieron a la Unión Soviética abrir el camino al Cosmos. El primer "sputnik" artificial de la Tierra lanzado en 1957 dio comienzo a la Era Cósmica. A los científicos soviéticos Serguéi Koroliov y Mstislav Kéldish les pertenecen enormes méritos en la realización de los vuelos cósmicos. La Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas es la Patria del primer cosmonauta del mundo Yuri Gagarin. Etapas importantísimas en la investigación del Cosmos fueron los estudios de la Luna y los planetas del Sistema Solar por medio de estaciones interplanetarias automáticas, la creación de laboratorios orbitales cósmicos, la realización de vuelos cósmicos prolongados, la cooperación científica internacional según el programa "Intercosmos". En las naves cósmicas soviéticas volaron cosmonautas de los países socialistas y también de Francia e India.

El estudio de Venus por los ingenios espaciales soviéticos "Venus-13" y "Venus-14" en 1982 fue un nuevo logro grandioso de la ciencia y la técnica soviéticas.

Los éxitos de la radiolocalización de los planetas

solares tuvieron gran importancia para la investigación del Cosmos y para asegurar la exactitud en los cálculos de las órbitas de los vehículos espaciales.

El desarrollo de la técnica espacial contribuyó al nacimiento de nuevas orientaciones en las ramas tradicionales de técnica y ciencia, por ejemplo, en biología y medicina. Se ampliaron en grado considerable las posibilidades de investigación en astronomía y del estudio de la Tierra desde el Cosmos. Las investigaciones espaciales se convirtieron en un factor muy importante del progreso científico-técnico; su papel en la realización de las tareas de la economía nacional sigue creciendo.

Son de fama mundial los logros de la escuela física soviética en electrotecnia cuántica, cuyas bases fueron creadas en 1951. Los osciladores cuánticos soviéticos se emplean ampliamente no solo en investigaciones científicas sino también en industria, técnica, medicina, óptica electrónica y holografía. Mucho se ha hecho en una de las nuevas direcciones de la ciencia: la comunicación por guías de luz. Se desarrollan con éxito las investigaciones en la física del cuerpo sólido, que permitieron crear nuevos materiales técnicos, entre ellos, diamantes artificiales, utilizados en la metalurgia y en la técnica de perforación, en la producción de los superconductores, usados con éxito en la construcción de potentes sistemas magnéticos,y otros materiales.

Los matemáticos soviéticos, continuando la elaboración de las matemáticas clásicas, contribuyeron, a la vez, al acelerado progreso de la lógica matemática, la teoría de la información y la de los automatas, base de los sistemas de dirección y de la creación de la técnica moderna del cálculo electrónico.

Los estudios en mecánica posibilitaron a la ciencia soviética ocupar posiciones de primera línea en técnica coheteril, aviación supersónica, así como en la construcción de turbinas hidráulicas y de gas, de buques con hidroaletas y muchos otros mecanismos.

La creación de la moderna industria química en la URSS, sobre todo, la industria de materiales sintéticos y de productos químicos para la agricultura, es debida al poderoso progreso de la ciencia química. Se realizan con éxito estudios sobre la síntesis orgánica

fina. Gracias al desarrollo de la teoría de la estructura química y la catálisis, de la cinética química, química de los compuestos naturales, etc., se ha logrado la posibilidad no sólo de obtener artificialmente diversos materiales que reproducen las particularidades de las sustancias naturales sino también de producir nuevas sustancias con propiedades preestablecidas.

Los científicos dedicados al estudio de la Tierra participan activamente en los programas de investigación del uso racional y la protección de los recursos de tierra y de agua del país, de las regularidades de ubicación y utilización óptima de los minerales.

Los geólogos soviéticos hicieron un valioso aporte en la exploración y potenciamiento industrial de nuevos yacimientos de minerales, petróleo y gas. Ahora el país dispone prácticamente de todas las materias primas necesarias para la economía moderna. En este sentido no solo se libró de la dependencia extranjera sino que también puede exportar valiosas materias primas y combustible a otros países.

Actualmente las ciencias biológicas adquieren mucha significación ya que tienen un papel singular en el conocimiento del mundo y una aplicación práctica muy importante. De verdadera hazaña científica se pueden calificar los logros de zoólogos, epidemiólogos y médicos soviéticos cuyos estudios han permitido en plazos más breves, ya en los primeros quinquenios, liquidar por completo los agentes etiológicos de enfermedades tan graves como el paludismo y la filariosis en todo el territorio de la URSS. En los últimos años se ampliaron considerablemente las investigaciones en direcciones de grandes perspectivas, tales como la biología molecular y físico-química, la química bioorgánica, la genética moderna y otras. Como resultados a nivel de los alcances de la ciencia mundial contemporánea se puede considerar el descifrado de la estructura de ácido ribonucleico valínico de transporte, la descripción de los mecanismos de catálisis biológica, el descubrimiento de nucleoproteínas. Los genéticos soviéticos fueron primeros en lanzar la hipótesis sobre la estructura molecular de los cromosomas y del procedimiento matricial de reduplicación y en desarrollar los principios de la genética de población.

La ciencia soviética obtuvo grandes progresos en agricultura y medicina. Los estudios efectuados por los científicos de la URSS están orientados a satisfacer las necesidades de los soviéticos, a elevar el rendimiento de la tierra y la productividad de la ganadería, a mejorar la salud del hombre soviético.

Los trabajos de los científicos soviéticos hicieron un enorme aporte en el conocimiento de los misterios del micromundo, en el dominio de poderosas fuentes de energía, en la conquista del espacio cósmico; fueron creados nuevos medios de dirección y de procesamiento de la información. En estas vías principales del progreso científico-técnico y del desarrollo sucesivo de las fuerzas productivas, la ciencia soviética está a nivel de los logros más avanzados de la ciencia mundial y en muchos campos ocupa posiciones de avanzada.

En la Unión Soviética se presta mucha atención al progreso de las ciencias sociales. Economistas, historiadores, juristas, filósofos, sociólogos, psicólogos y representantes de otras ramas de la sociología soviética abarcan un amplio círculo de estudios. Se elaboran cuestiones teóricas del socialismo desarrollado, problemas de la formación en estas condiciones de una personalidad armoniosamente desarrollada, hombre de la sociedad comunista.

Una particularidad característica de nuestra época consiste en el entrelazamiento más y más estrecho entre la realización de los programas integrales del progreso científico-técnico y la sociedad. Uno de los rumbos importantes de la investigación científica sigue siendo la elaboración de métodos para elevar la eficacia de la producción social y el nivel de administración de la economía; la introducción de los procedimientos de avanzada de la gestión económica socialista; una correlación mayor entre la planificación y gestión centralizadas del desarrollo económico y social con la autonomía económica y la iniciativa empresarial; una interacción más perfecta de la planificación y la dirección ramal y territorial. Rasgo característico de la ciencia del socialismo desarrollado es la creciente interacción de las ciencias sociales, técnicas y naturales.

El marcado incremento del papel de la ciencia en la construcción de la sociedad comunista, la creciente complicación de los problemas a resolver, el inaudito

aumento del volumen y de la amplitud de la actividad investigadora, pusieron en el orden del día el problema del perfeccionamiento sucesivo del sistema de dirección y de organización de la ciencia; de la estrategia estatal, argumentada científicamente, de desarrollo de los estudios a largo plazo; de un sistema de medidas para garantizar el rápido aprovechamiento de los alcances científicos en la economía nacional y los métodos efectivos de la integración de la ciencia con la producción.

La ciencia soviética acumuló una enorme experiencia en organizar e incorporar sucesiva y sistemáticamente a las amplias masas trabajadoras en la creación científica.

La Federación Rusa es hoy el mayor centro de concentración de las instituciones y fuerzas científicas de la Unión Soviética. El desarrollo planificado de las fuerzas productivas y de toda la economía nacional de Rusia, que se llevaba a cabo desde el comienzo de los primeros quinquenios,ha contribuido a un reparto más racional de las instituciones científicas, universidades y escuelas superiores en su territorio. La Academia de Ciencias de la URSS tiene instituciones científicas en más de 60 localidades de la Federación Rusa.

Las más grandes y antiguas instituciones de investigación científica de la Academia de Ciencias de la URSS están ubicadas en los centros tradicionales del pensamiento científico de Rusia: Moscú y Leningrado. Allí se concentra cerca de un tercio de los centros científicos de la República Socialista Federativa Soviética de Rusia. Otro tercio se aloja en Siberia, en los Urales y en Lejano Oriente. El resto está dividido entre las regiones centrales, del Noroeste y del Volga.

En 1957 fue creada la Sección Siberiana de la Academia de Ciencias de la URSS, acontecimiento muy importante en la vida de la ciencia soviética. En pos de la Sección Siberiana surgieron los centros científicos en los Urales y en Lejano Oriente que completan considerablemente la actividad de la Sección Siberiana y tienen gran importancia para la organización de la ciencia en estas regiones.

Investigaciones a gran escala se efectúan en las Academias de Ciencias republicanas. Los logros científicos de las repúblicas federadas tienen no solo fama nacio-

nal sino también mundial. Así, por ejemplo, los fundamentales trabajos de los científicos del Instituto E.Patón de Soldadura Eléctrica de la Academia de Ciencias de la RSS de Ucrania, encabezado por B.Patón, Presidente de la Academia de Ucrania, obtuvieron renombre mundial. Este instituto está al frente en investigaciones de soldadura en la URSS. Son ampliamente conocidos los trabajos de los científicos ucranianos en física nuclear y física del cuerpo sólido realizados en el Instituto Físico-Técnico, el Instituto de Física y el Instituto de Física Teórica de la Academia de Ciencias de Ucrania. Las investigaciones teóricas y aplicadas referentes a la técnica de computación electrónica y a la cibernética efectuadas en el Instituto de Cibernética de la Academia de Ciencias de Ucrania y en otros centros científicos republicanos permitieron crear nuevos ordenadores modernos y organizar su producción en serie. El Instituto para Problemas de Metalografía de la Academia de Ciencias de Ucrania está dedicado al importante estudio de la creación de nuevos materiales con propiedades mecánicas y físicas predeterminadas.

En la Academia de Ciencias de la RSS de Bielorrusia funciona una serie de grandes instituciones de investigación científica dedicadas al estudio de los problemas fundamentales de las ciencias naturales. El centro piloto en espectroscopía, luminiscencia y electrónica cuántica es el Instituto de Física de la Academia de Ciencias de Bielorrusia. El Instituto de Física del Cuerpo Sólido y Semiconductores se ocupa de los problemas relacionados con la creación de nuevos semiconductores y materiales magnéticos con propiedades especiales.

La investigación de las fuerzas productivas y la revelación de nuevos recursos de materias primas se realiza ampliamente en todas las repúblicas federadas, especialmente en la RSS de Kazajia. En cooperación con sus colegas de otras repúblicas los científicos kazajos descubrieron y entregaron para la explotación industrial riquísimos recursos de minerales de hierro y yacimientos de lignitos y bauxitas, los depósitos de petróleo y de gas en la península de Manguishlák.

El centro piloto del país y del mundo en astronomía y astrofísica es la Academia de Ciencias de la RSS de

Armenia, encabezada por el académico V.Ambartsumián, eminente astrofísico contemporáneo. Con pleno derecho los científicos armenios sienten orgullo por su observatorio astrofísico en Biurakán. Los colaboradores científicos de este observatorio realizaron una serie de investigaciones únicas en su género referentes a la estructura de la Galaxia, de las estrellas y las nebulosas no estacionarias lo que condujo, en particular, al descubrimiento de nuevos sistemas estelares jóvenes, las llamadas asociaciones estelares.

Los logros de los astrónomos georgianos son muy grandes. El famoso observatorio en Abastumani es una institución científica que estudia varios temas. Allí se realizan observaciones e investigaciones del medio interestelar, de las estrellas variables y no estacionarias, se estudian las condiciones físicas del Sol y la Luna, etc.

El objetivo principal de la ciencia de Azerbaidzhán son las investigaciones relacionadas con la extracción y elaboración de petróleo y gas. Los fundamentales trabajos de los científicos de Azerbaidzhán en este terreno pusieron los cimientos para la extracción de petróleo y gas, y el uso de estacadas marítimas e instalaciones flotantes con este fin en el Mar Caspio testimonia el surgimiento de nuevas direcciones de investigación en este campo.

Los científicos de Uzbekistán concentran sus esfuerzos en torno a la utilización más racional de los recursos de la economía nacional para la producción de algodón y de capullos del gusano de seda, en torno al desarrollo de la ganadería y la cría de ovejas caracul. Los científicos uzbekos lograron resultados de importancia mundial en química de los compuestos naturales y los alcaloides.

Los trabajos de los científicos de Tadzhikistán en sismología y construcción asísmica son reconocidos en toda la URSS. Se elaboró un enfoque integral de pronóstico de terremotos, se confeccionó un mapa de pronóstico, se propuso una nueva metodología para el pronóstico a largo plazo de terremotos potentes, se elaboró un método inmediato para reducir la tensión en los focos sísmicos.

En el Instituto de Desiertos de la Academia de Ciencias de la RSS de Turkmenia se efectúan grandes traba-

jos de asimilación económica de estas zonas áridas.

Los científicos de Kirguizia prestan mucha atención a la construcción de sistemas integrales de riego automatizados, a los problemas relacionados con la dinámica de los mayores glaciares montañosos. Se ponen en práctica estudios integrales de los recursos de agua de los ríos de la cuenca de Issik-Kul. Ya se ha hecho el catastro de los 600 km de la zona litoral del lago de Issik-Kul. Las ricas estepas de Kirguizia favorecen el desarrollo de una ganadería muy rentable. Junto con los ganaderos prácticos, los científicos de la Academia de Ciencias de la RSS de Kirguizia trabajan para criar las razas de ganado vacuno y ovejas de vellón fino más productivas.

Los científicos de Moldavia prestan mucha atención a las investigaciones tradicionales en la república, relacionadas con el aprovechamiento más racional para las necesidades de la agricultura de las condiciones climáticas naturales. El complejo agroindustrial es el principal en la economía republicana. Las grandes colectividades científicas se atraen para realizar el Programa de Alimentos.

En las repúblicas soviéticas del Báltico se efectúan importantes investigaciones sobre síntesis química fina, sobre creación de la teoría y tecnología del tratamiento térmico de los esquistos para obtener ácidos bicarboxílicos y medios detergentes. De fama mundial son las investigaciones en química de los preparados medicinales realizadas por científicos letones.

La existencia de direcciones dominantes en la investigación científica está relacionada con las diferentes condiciones geográficas, la especificidad de la distribución de las materias primas, las premisas económicas y las tradiciones culturales. Sin embargo, además de esto, todas las academias de ciencias de las repúblicas federadas realizan amplias investigaciones en física, matemáticas, química y catálisis química, microbiología y biología molecular, zoología, edafología, fisiología del hombre, etc. Los problemas de las ciencias sociales, comprendidas economía, historia, filosofía, sociología, arqueología, literatura y lengua se estudian ampliamente. Se editan obras fundamentales que reflejan la historia de los pueblos de la

URSS, enciclopedias nacionales en muchos tomos, obras de los clásicos de la ciencia y la cultura, de la poesía épica nacionales. La actividad editorial de la Academia de Ciencias de la URSS y las academias de ciencias de las repúblicas federadas tienen gran envergadura. Las editoriales académicas publican anualmente cerca de 5.000 monografías, recopilaciones temáticas y otras publicaciones científicas, más de 300 revistas de carácter científico.

En la sociedad socialista desarrollada, la Academia de Ciencias de la URSS y las Academias de Ciencias de las repúblicas federadas realizan importantes investigaciones científicas en amplia escala, orientando los esfuerzos de sus instituciones y científicos en primer lugar a resolver los problemas clave de importancia actual, creando al mismo tiempo la necesaria reserva científica para el futuro. Se presta seria atención a las investigaciones de búsqueda, siendo ésta una condición necesaria para el progreso de la ciencia.

Los científicos soviéticos participan activamente en la elaboración de los planes de la economía nacional contribuyendo con sus investigaciones a la intensificación de la producción social y a la elevación de la productividad del trabajo, a la aceleración del progreso técnico, al desarrollo de la ideología y la cultura, a la educación del hombre de la sociedad comunista.

El XXVI Congreso del PCUS abrió ante la ciencia soviética nuevas perspectivas. No sólo confirmó el importante papel de la ciencia en el desarrollo del Estado soviético y sus vínculos con los problemas urgentes del país, sino que llamó la atención sobre la necesidad de asegurar el rápido desarrollo de las investigaciones fundamentales y elevar la productividad de las investigaciones y de los estudios aplicados, la eficiencia del trabajo científico como condición decisiva para un rápido avance por el camino del progreso científico-técnico y social.

* * *

Los Plenos del CC del PCUS (junio de 1983 y abril de 1984) dedicaron mucha atención al creciente papel de la ciencia en el socialismo desarrollado.

En el Pleno del CC del PCUS de junio (1983) donde fue-

ron examinados los problemas actuales del trabajo ideológico y político de masas del Partido, se hizo notar que el PCUS en su actividad teórica se apoya en los mejores trabajos de los filósofos, economistas, historiadores, sociólogos, juristas y psicólogos soviéticos. Ante los científicos, especialistas en ciencias sociales, están planteadas las tareas de elaborar "seguros caminos en la elevación de la eficacia de la producción, investigar las regularidades de formación de la estructura sin clases de la sociedad, la internacionalización de la vida social, el desarrollo de la democracia socialista, la conciencia social, los problemas de la educación comunista. Particularmente tienen actualidad las cuestiones de estimulación del progreso científico-técnico, del mejoramiento del sistema de dirección y planificación, la garantía de prioridad de los intereses de todo el pueblo y del Estado, el perfeccionamiento de las relaciones de distribución, los principios de formación de los precios, científicamente argumentados, etc."[1].

Los científicos soviéticos están llamados a estudiar en adelante todo lo mejor de la experiencia de los países socialistas hermanos, a analizar profundamente nuevos fenómenos en las relaciones internacionales, en el desarrollo del socialismo mundial y el proceso revolucionario contemporáneo, a investigar nuevos aspectos y manifestaciones de la crisis general del sistema capitalista.

En el Pleno del CC del PCUS de abril (1984) fue examinada la reforma del sistema de educación escolar en la URSS, objeto de gran atención por parte de la opinión pública soviética, de todo el pueblo soviético.

Para asegurar que la sociedad soviética avance con paso firme hacia el logro de nuestros magnos objetivos, cada nueva generación debe elevarse a un nuevo nivel de instrucción, de cultura general, de profesionalidad y actividad cívica. Esa es, podría decirse, la ley del progreso social.

Dada la revolución científico-técnica y el arrollador incremento de la información, esa ley presenta, como nunca elevadas exigencias de quienes estudian y de quienes enseñan, desde el maestro de escuela hasta el ministro. La reforma está llamada a crear las premisas requeridas para cumplir esas exigencias.

En el Pleno se trató de la necesidad de analizar permanente y profundamente la realización de todos los grandes programas socioeconómicos de la URSS como, por ejemplo, el Programa de Alimentos, el Económico, el Energético, etc. En el Pleno se señaló también que es muy importante determinar los problemas clave y las perspectivas de desarrollo del país para las próximas décadas. El próximo XXVII Congreso del PCUS discutirá la nueva redacción del Programa del Partido. En relación a esto es necesario no solo sentar los sólidos cimientos teóricos del Programa, sino también relacionarlo orgánicamente con los planes y pronósticos económicos bien argumentados lo que permitirá formar un cuadro objetivo realista del perfeccionamiento del socialismo desarrollado y el ulterior avance hacia el comunismo.

"El mantenimiento de la paz en nuestro planeta -declaró Anatoli Alexándrov, Presidente de la Academia de Ciencias de la URSS, en la reunión anual de la Academia en marzo de 1984- sigue siendo la piedra angular de la política exterior e interna de la Unión Soviética. Este elevado fin humano nos llama a encarar con nueva energía la resolución de las tareas planteadas por el Partido"[2].

---

1 *Materiales del Pleno del Comité Central del PCUS. 14-15 de junio de 1983*, Moscú, 1983, pág. 70 (en ruso).

2 *Pravda*, 15.III.1984.

LA DIALECTICA MATERIALISTA Y LAS CIENCIAS NATURALES CONTEMPORANEAS

Piotr Fedoséev,
miembro efectivo de la
AC de la URSS

Actualmente, se ha convertido en objeto de acaloradas discusiones y debates la cuestión sobre el papel y el lugar que ocupa la filosofía en el sistema del conocimiento científico de la realidad objetiva, sobre las tareas que se le plantean a la filosofía debido al impetuoso progreso de la ciencia y a la ampliación del círculo de sus funciones sociales. En el presente artículo hemos procurado presentar, aunque solo sea en rasgos generales, el enfoque del análisis y de la solución de dicha cuestión propio de la filosofía marxista-leninista y, en especial, de su núcleo: la dialéctica materialista.

Desde el momento de su surgimiento, la filosofía marxista rompió resueltamente con las orientaciones, propias de la filosofía de la naturaleza, las cuales inevitablemente imponen concepciones apriorísticas a las ciencias naturales y conducen a suplantar el análisis concreto de problemas concretos por especulaciones mentales, y los nexos verdaderos, por otros ficticios, fantásticos. Los fundadores de la filosofía científica consideraban que el cometido de la misma es elaborar -basándose en el estudio de las leyes más generales de la naturaleza, de la sociedad y el pensamiento- la concepción del mundo científicamente fundamentada e íntegra.

Esta concepción del objeto de la filosofía científica y de sus interrelaciones con las ciencias naturales fue desarrollada por V.I.Lenin, quien mostró que en el contexto del impetuoso progreso de las ciencias naturales y de una transformación radical de los viejos conceptos, principios y teorías y del surgimiento de otros nuevos, así como en virtud de la intensa matematización de dichas ciencias, el alcance que tiene el nexo recíproco entre la filosofía y las ciencias naturales, lejos de disminuir (según lo afir-

maban muchos representantes del positivismo), por el contrario, aumenta considerablemente. Al interpretar desde el punto de vista materialista la notoria tesis hegeliana sobre la identidad de la dialéctica, la lógica y la teoría del conocimiento y sobre la unidad de lo lógico y lo histórico, Lenin llegó a la conclusión de que la fuente principal del desarrollo de la dialéctica materialista es la intelección filosófica de los logros alcanzados por las ciencias naturales, de toda la historia del conocimiento humano, de la técnica y la cultura material y espiritual, así como de todos los procesos de la vida de la sociedad. La dialéctica, al tiempo que dilucida, sobre esta base, las leyes más generales de la realidad objetiva, a su vez, pertrecha a las ciencias concretas con un método filosófico general para conocer y transformar la realidad.

Los principios leninistas del análisis filosófico de las ciencias naturales mantienen su vigor heurístico hasta la fecha, siendo una brújula segura para la interpretación conceptual y metodológica de los novísimos logros y las perspectivas del desarrollo de la ciencia. Si tratamos de exponer el propio quid de esos principios, veremos que suponen, ante todo, la unidad dialéctica y la diferencia dialéctica del saber filosófico y del científico-natural. Su unidad consiste en que estudian el mundo objetivo único, que no depende de nuestra conciencia. Para las ciencias naturales -señalaba Lenin- no suscita duda que la naturaleza existía antes del hombre, antes de la conciencia humana. La existencia de un mundo exterior fuera de la conciencia -continúa-, es también la premisa fundamental del materialismo. Pero la filosofía no coincide con las ciencias naturales ni las suplanta. Cada una de las ciencias naturales tiene por objeto un dominio concreto de la naturaleza, la forma de movimiento inherente a él, sus nexos y leyes objetivas específicas. La filosofía materialista descubre lo común en los fenómenos, las leyes objetivas y los nexos comunes, inherentes a distintos sistemas y estructuras del mundo objetivo. La filosofía no crea nuevas teorías concernientes al mundo físico y no se compromete con una u otra concepción científico-natural,sino que extrae conclusiones gnoseológicas a partir de los nuevos datos que ofrecen las ciencias naturales, concretando y enriqueciendo la teo-

ría general y la lógica del conocimiento sobre la base del desarrollo histórico de la ciencia y la praxis.

Lenin, al hacer el análisis gnoseológico de los datos que proporcionan las ciencias naturales, delimitaba con precisión las representaciones filosóficas y las científicas concretas. El ejemplo más notorio de ello es la definición de la materia, dada por Lenin, definición que desentrañó lo ilegítimo de identificar el concepto filosófico de materia con las representaciones científico-naturales concretas sobre las propiedades y la estructura de la misma. De acuerdo con la definición leniniana, el concepto de materia no significa, desde el punto de vista gnoseológico, otra cosa que no sea la realidad objetiva, la cual existe independientemente de la conciencia humana y es reflejada por ésta. Lenin continúa: "Pero el materialismo dialéctico insiste sobre el carácter aproximado, relativo, de toda tesis científica acerca de la estructura de la materia y de sus propiedades; insiste sobre la ausencia de líneas absolutas de demarcación en la naturaleza, sobre la transformación de la materia en movimiento de un estado en otro, que, desde nuestro punto de vista, nos parece inconciliable con el primero, etc."[1].

El progreso de la ciencia implica la profundización del conocimiento de los objetos materiales. Y mientras ayer -dice Lenin- dicha profundización no iba más allá del átomo y hoy, no va más allá del electrón, el materialismo dialéctico insiste en que todos estos *jalones* del conocimiento de la naturaleza por la ciencia en progreso revisten carácter temporal, relativo y aproximado. "El electrón es tan *inagotable* como el átomo, la naturaleza es infinita, pero *existe* infinitamente, y este reconocimiento -que es el único categórico, el único incondicional- de su *existencia* fuera de la conciencia y de las sensaciones del hombre es precisamente lo que distingue el materialismo dialéctico del agnosticismo relativista y del idealismo"[2].

Lenin utilizaba semejante enfoque también con respecto a otros muchos conceptos fundamentales del materialismo filosófico, tales como la causalidad, el espacio y el tiempo, etc.

El materialismo no decreta ni refuta una u otra versión física concreta de la causalidad. Desde el punto

de vista del materialismo, la causalidad es el reconocimiento del hecho de que la naturaleza está sujeta a leyes objetivas y de que esta regularidad se refleja de un modo aproximadamente justo en la conciencia del hombre. La cuestión filosófica verdaderamente trascendental -dice Lenin- "... no consiste en saber cuál es el grado de precisión que han alcanzado nuestras descripciones de las conexiones causales, ni si tales descripciones pueden ser expresadas en una fórmula matemática precisa; sino en saber si el origen de nuestro conocimiento de esas conexiones está en las leyes objetivas de la naturaleza o en las propiedades de nuestra mente, en la capacidad inherente a ella de conocer ciertas verdades apriorísticas, etc."[3].

Es ampliamente conocido que en el curso del desarrollo de las ciencias naturales contemporáneas el determinismo se ha enriquecido de un modo sustancial. Ya todos reconocen el carácter limitado del determinismo clásico, laplaceiano, univalente. La teoría del determinismo ha asimilado la idea de la probabilidad, con cierta imprecisión y polivalencia, que le son inherentes, lo que testimonia la riqueza y diversidad de los nexos materiales en el mundo material. En nuestros días, la doctrina del determinismo absorbe las ideas sintetizadoras que se elaboran en el proceso de desarrollo de la teoría de la información, de las investigaciones sistémicas, en el curso del conocimiento de complejos sistemas altamente organizados y de los organismos vivientes. Esos cambios en la doctrina del determinismo siguen la vía de su enriquecimiento con las ideas de la dialéctica, siendo incorporadas a dicha doctrina las representaciones sobre la determinación del elemento por el todo, sobre la posibilidad, probabilidad, casualidad, adecuación a los fines, etc.

Podemos decir lo mismo sobre el espacio y el tiempo. El materialismo filosófico, al tiempo que reconoce la existencia de la realidad objetiva, o sea, de la materia en movimiento al margen de nuestra conciencia, reconoce con ello inevitablemente -a diferencia de distintas concepciones del idealismo- la realidad objetiva del tiempo y el espacio. El espacio y el tiempo no son simplemente formas de fenómenos ni parámetros de su duración o extensión, sino las formas objetivamente reales del ser. "En el universo -escribía Lenin- no

hay más que materia en movimiento, y la materia en movimiento no puede moverse de otro modo que en el espacio y en el tiempo"[4].

Las nociones del hombre sobre el espacio y el tiempo cambian, se desarrollan y puntualizan. Pero el carácter mutable de las representaciones científico-naturales sobre el espacio y el tiempo refuta poco la realidad objetiva de lo uno y lo otro, en la misma medida que la variabilidad de los conocimientos científicos sobre la estructura y las formas de movimiento de la materia no refuta la realidad objetiva del mundo exterior.

Cabe recordar que la negación de la unidad, de la comunidad de las posiciones de partida entre las ciencias naturales y la filosofía redundó en la subestimación de los problemas metodológicos, en el indiferentismo filosófico y, al mismo tiempo, dio pie para que surgieran diversas concepciones idealistas, para el relativismo filosófico y el agnosticismo. Por otra parte,la identificación del saber filosófico y el científico natural y la incomprensión de que entre éstos existe diferencia redundaban en el resurgir del enfoque -propio de la filosofía de la naturaleza- de la cognición y en la injerencia no competente en la solución de problemas científico-naturales, llevaba a que algunos filósofos refutaran infundadamente o, por el contrario, confirmaran -igualmente sin ninguna razón para ello- unas u otras tendencias y orientaciones científico-naturales concretas. El principio más importante en que se basa el enfoque leninista de las cuestiones filosóficas de las ciencias naturales es la lucha sin cuartel contra las especulaciones idealistas con los logros del conocimiento científico. Se trata de una lucha no solo por la pureza de la filosofía marxista-leninista, sino también por asegurar un clima ideológico óptimo para el desarrollo de ciencias naturales.

En su obra *Materialismo y empiriocriticismo*, V.I.Lenin sometió a una crítica acerba las modificaciones del idealismo, surgidas sobre la cresta del auge de la revolución que se operó en la física a fines del siglo XIX y a comienzos del XX, así como las concepciones filosóficas de los naturalistas que no pudieron dar una interpretación consecuentemente materialista (es decir, materialista *dialéctica)* de los novísimos descubrimien-

tos científicos. Pero recalcó con determinación que se trata de extraer conclusiones gnoseológicas basándose en los descubrimientos físicos, y no de impugnar los propios descubrimientos físicos. No "enmendaba" a los físicos allí donde se trataba de problemas de la física. La crítica a las falsificaciones idealistas debe apoyarse en la interpretación materialista de esos descubrimientos y en la solución de las cuestiones filosóficas que plantean las ciencias naturales modernas, cuestiones que los filósofos idealistas no pueden resolver. "De suyo se comprende -explicaba Lenin- que, al examinar la cuestión de las relaciones de una escuela de los físicos modernos con el renacimiento del idealismo filosófico, estamos lejos de la idea de tocar las teorías especiales de la física. Nos interesan exclusivamente las conclusiones gnoseológicas sacadas de ciertas tesis determinadas y de descubrimientos notorios"[5].

La interacción del materialismo dialéctico y las ciencias naturales contemporáneas es necesaria también para el desarrollo del pensamiento filosófico. El análisis de los logros importantes por principio, de los magnos descubrimientos de las ciencias naturales, sirve no solo para fundamentar -desde el punto de vista de las ciencias naturales- la dialéctica materialista; sobre la base de dicho análisis se enriquece todo el aparato categorial de la filosofía. Así, por ejemplo, la idea acerca de la interrelación del espacio, el tiempo y el movimiento como formas de existencia de la materia, la idea enunciada por Engels y luego desarrollada por Lenin, obtuvo plasmación científico-natural concreta en la teoría de la relatividad. A su vez, las propias categorías filosóficas -a raíz de la formación de dicha teoría- han ido imbuyéndose de un contenido más rico que corresponda al nivel de la ciencia contemporánea.

La delimitación precisa entre el concepto filosófico de materia y el concepto científico-natural de substancia resultó ser muy fructífera para la intelección filosófica de los problemas atinentes a la interconexión de la materia y el movimiento, de la masa y la energía.

A este respecto, no es menos característico otro ejemplo, extraído de las discusiones filosóficas contemporáneas en torno a los problemas de la astrofísica

y la cosmología. Los debates filosóficos en esta rama, en impetuoso desarrollo, de las ciencias naturales contemporáneas, provienen, a nuestro modo de ver, precisamente de la delimitación insuficientemente exacta de la categoría filosófica de "mundo material" y el concepto científico-natural, es decir, cosmológico, de "Universo como un todo". Terminológicamente, ambos conceptos con frecuencia se designan con un mismo término "Universo", lo cual a veces redunda en serias equivocaciones. Por ejemplo, el principio de la infinidad del mundo material en el espacio y el tiempo se refiere a los postulados cardinales del materialismo dialéctico. Dicho principio es con frecuencia expuesto como aseveración de que el Universo es ilimitado y eterno.

Entretanto, partiendo del principio de la evolución, existen todos los fundamentos para afirmar que el Universo, estudiado por las ciencias naturales modernas, es una formación que se desarrolla en el tiempo, la cual surgió de ciertos estados y formas de la materia que le precedieron, y que será sustituida por otros nuevos estados y formas. Si admitimos que el Universo, tal como lo estudiamos hoy día, apareció hace 20 mil millones de años, desde el punto de vista filosófico es importante reconocer el carácter objetivo de este proceso como etapa cósmica de autodesarrollo de la materia. Es tarea de la ciencia concreta comprender físicamente y describir dicho proceso. Es admisible pensar que existen muchos Universos con una tipología compleja. Por eso, es conveniente distinguir el término "Universo" de un naturalista -con el cual designamos nuestras nociones sobre el Universo, acumuladas hasta el presente-, del concepto filosófico de "mundo material". Este concepto permitirá comprender e interpretar todos los logros futuros en la teoría del Universo, propia de un naturalista.

La filosofía, al confirmar la unidad material y la infinidad del mundo en general, no predetermina el carácter de los fenómenos y procesos más allá del límite donde, según expresión de Engels, "termina nuestro círculo visual"[6], o sea, más allá del límite donde termina, en un momento dado, nuestro conocimiento. Más allá de este límite, según señalara Engels, "el ser se plantea", en general, "como problema"[7]. El co-

nocimiento científico ensancha cada vez más nuestro "campo visual", o sea, los límites de la parte concebida del mundo. La infinidad del mundo material se presenta en la filosofía también como su inagotabilidad, condicionada por la multivariedad ilimitada de formas, estados y propiedades de la materia en movimiento.

El progreso de la astrofísica y la cosmología contemporáneas se caracteriza por haber actualizado el problema de la evolución y el desarrollo de un objeto como el Universo.

Como es sabido, la idea del desarrollo es la idea central de la dialéctica materialista. Según señalara Lenin en más de una ocasión, la dialéctica es precisamente la doctrina más profunda y multilateral del desarrollo. Es completamente lógico que las cuestiones, relacionadas con la evolución de la naturaleza y el surgimiento de la compleja jerarquía de sus niveles estructurales, atraigan hoy día la atención más amplia tanto de los naturalistas como de los filósofos. La ciencia moderna ha dado pasos tan importantes en el estudio del desarrollo de la materia que actualmente se puede hablar con pleno derecho de la transformación de la idea del desarrollo, de la evolución, en norma del pensamiento científico para una serie de dominios del saber: la astronomía, la astrofísica, la química evolutiva, la geología evolutiva, la biología, etc. En una serie de dominios, la física también está deviniendo ciencia evolutiva.

La idea del desarrollo de la materia está intrínsecamente ligada con la representación sobre la estructura jerárquica de la materia, sobre la existencia en el mundo de niveles estructurales cualitativamente peculiares de organización material. La concepción de los niveles estructurales, a su vez, está históricamente relacionada con el desarrollo de las representaciones y concepciones atomísticas del elementalismo. Conforme a los criterios dialécticos, la estructura jerárquica del mundo material presupone necesariamente la existencia de niveles relativamente independientes y cualitativamente peculiares. Los objetos discontinuos de determinado nivel de la materia, al entrar en interacciones, específicas para ellos, son el punto de partida para la formación y el desarrollo de tipos de objetos, nuevos por principio, con leyes

y propiedades específicas nuevas. La inagotabilidad de la materia, dialécticamente concebida, no implica la divisibilidad ilimitada y la repetición monótona de un mismo esquema jerárquico. Puede tratarse de una multitud ilimitada de propiedades de la materia y de posibilidades de su desarrollo. En las ciencias naturales modernas han obtenido amplia difusión las ideas dialécticas acerca del probable autocierre de los niveles de jerarquía de la organización material (la idea, desarrollada por el académico M.Márkov, de los *friedmones*, como unidades materiales, en las cuales las propiedades de la partícula elemental convergen con las del Universo). En el modelo de los *adrones* (de acuerdo con la teoría de los quarks), que obtiene cada vez mayor reconocimiento en la física, trataremos por los visto, con una nueva etapa del desarrollo de la atomística física, etapa durante la cual se operará un cambio a saltos del propio carácter de la divisibilidad de las propiedades de los objetos materiales.

Al hablar del mundo material, cabe tener presente que el concepto de desarrollo es aplicable no en el sentido en que hablamos del desarrollo de algunas formaciones materiales tomadas por separado. Carece totalmente de sentido la aseveración -aplicada a la materia en general (en virtud de su inagotabilidad cualitativa e infinidad)- tanto de la rotación cerrada como del carácter unilateral del desarrollo. La materia en general no es una formación aparte, que existe a la par con sus manifestaciones concretas; es una abstracción filosófica para designar el conjunto de cosas y fenómenos del mundo circundante. El desarrollo de la materia no significa, por ello, su desarrollo como una formación aislada, sino el desarrollo (o tendencia al mismo) de todos sus dominios y estados concretos. Las ciencias naturales nunca tratan con la "materia en general", sino que trata con la materia al nivel de penetración en ésta, alcanzado hasta el presente. Procede confrontar la tesis sobre el desarrollo como atributo de la materia con los datos respecto a la materia de que disponen las ciencias naturales (al nivel alcanzado del conocimiento). Desde el punto de vista filosófico general, el Universo, tal como lo describe la cosmología contempo-

ránea, no es, por supuesto, toda la materia, sino un fragmento del mundo material, infinitamente diverso e inagotable.

¿En qué estado se encuentra el desarrollo de este dominio del mundo material a la luz de las ciencias naturales contemporáneas? La idea de un Universo no estacionario, idea que ha integrado sólidamente el arsenal de las ciencias naturales modernas, ha sido uno de los importantísimos virajes operados en éstas en el siglo XX. Sin embargo, muchos rasgos de los procesos evolutivos operados en el Universo no se han esclarecido en medida suficiente. Por ejemplo, muchos astrónomos consideran que las galaxias, las estrellas y los planetas se forman de una substancia dispersa y difusa mediante su condensación, mientras, a juicio de otros, los procesos evolutivos se desenvuelven en el sentido contrario, a partir del estado denso o superdenso hacia el menos denso. Está claro que la cuestión sobre la naturaleza de la substancia de la cual se formaron los sistemas cósmicos y los mecanismos de dichos procesos observados por nosotros, es una cuestión científico-natural que atañe a la astronomía y la astrofísica. Debe solucionarse y se resolverá sobre la base del análisis de los datos de observación; además, podemos confiar que eso tendrá lugar en un futuro no muy lejano. No está excluido que algún día prevalezca una de las concepciones evolutivas que compiten entre sí en astronomía, y es probable que, en una u otra forma, se verifique su síntesis.

Pero este problema tiene también un aspecto filosófico sustancial. En efecto, para la dialéctica materialista en tanto que teoría del desarrollo, reviste importancia el interrogante: ¿cuál es la *orientación general* de los procesos de la evolución cósmica,o sea, se opera ésta siempre solo en una dirección, o bien en el Universo tiene lugar la interacción dialéctica de tendencias opuestas del proceso evolutivo?

En su tiempo, F.Engels, basándose en los datos de las ciencias naturales contemporáneas a él, presentó en la *Dialéctica de la naturaleza* un cuadro grandioso de la rotación de la materia en el Universo. De suyo se entiende que dicha rotación no significa que un mismo proceso se repita o se reproduzca constantemente. Por el contrario, según subrayara Engels,

la rotación de la materia en el Universo incluye las *infinitas transformaciones cualitativas* de estados y formas de la materia en movimiento. El desarrollo progresivo a partir de cierto estado inicial de la materia (en Engels se trata de un comienzo relativo, es decir, de la fase más temprana de la evolución cósmica, accesible para ser estudiada en determinado peldaño de la cognición) hasta la "más elevada creación"[8] de la materia -"el cerebro pensante"-, se abre paso, según Engels, en el transcurso de la interacción de distintos procesos.

Las investigaciones posteriores mostraron que la rotación de la materia en el Universo está dialécticamente entrelazada con los procesos irreversibles de la evolución cósmica, estando expresada dicha irreversibilidad en el principio del aumento de la entropía. A ese respecto, ocupa un lugar especial la cuestión sobre el status filosófico del segundo principio de la termodinámica. Esta ley era en el pasado objeto de reiteradas discusiones filosóficas precisamente desde el punto de vista materialista, porque parecía que inevitablemente redundaba en la llamada muerte térmica del mundo. Pero la cosmología relativista demostró que nuestro Universo, que se halla en condiciones exteriores no estacionarias (apareciendo en calidad de tales las propiedades métricas del espacio-tiempo, o sea, el campo de gravitación), no alcanza el estado de equilibrio completo (muerte térmica), a pesar de la acción del segundo principio de la termodinámica.

Dicho principio (el aumento de la entropía) expone el carácter irreversible de todos los procesos reales que conocemos. Al igual que la ley de la conservación y transformación de la energía es el exponente científico-natural de la idea general acerca de que la materia no puede ser creada ni eliminada, del mismo modo el segundo principio de la termodinámica es uno de los exponentes científico-naturales del principio filosófico general de la irreversibilidad del desarrollo.

Tomando como ejemplo el desarrollo del saber biológico, podemos ver de qué modo el progreso en el estudio de la estructura y el desarrollo de la materia va secundado del planteamiento de problemas filosóficos cada vez nuevos. Así, por ejemplo, la in-

vestigación activa del nivel genético-molecular de lo viviente implicó serios cambios en el carácter del saber teórico en biología, planteando la cuestión acerca de los contactos metodológicos y conceptuales entre la biología y la física, acerca del papel que desempeña el principio de la reducción y del carácter limitado que reviste la metodología del reduccionismo global. Por otra parte, el estudio de los niveles estructurales supraorganísmicos reactivó el papel de la metodología sistémica, promoviendo a un primer plano la necesidad de apelar al sistema de las ciencias humanísticas, al conocimiento de las leyes del desarrollo social, sin las cuales se hace imposible la indagación biológica de los problemas ecológicos ni la participación de la biología en el estudio integral del hombre, en el estudio de las leyes objetivas del desarrollo de la biosfera, etc. Actualmente, la biología ya no puede considerarse solo como una ciencia separada que estudia uno de los niveles estructurales de la materia, una de las etapas de su evolución. Nuevas demandas sociales presentadas al saber biológico y las posibilidades actuales del mismo crean las condiciones para transformar la biología en uno de los centros sustanciales de integración del conocimiento científico.

El papel integrador de la biología es inevitable en virtud de su incorporación cada vez más activa a la indagación integral de los problemas del hombre, de su habitat, de los modos de su actividad vital en el contexto de la actual revolución científico-técnica. La influencia que ejercen los procesos que aproximan la biología a las humanidades en el sistema de las ciencias que estudian la naturaleza, constituye un objeto especial del análisis filosófico, puesto que en éste se desentrañan las regularidades de la integración del saber un tanto diferentes a las que existen en las matemáticas, la lógica, la cibernética, la teoría de la información, etc. El papel rector del principio del historicismo en el conocimiento biológico contribuye también a consolidar el saber científico-natural. El indudable privilegio de la biología, consistente en que ésta formuló los principios de la teoría de la evolución antes que otras ciencias naturales y de un modo más riguroso, le permite adaptar más enérgica-

mente tanto el nuevo saber filosófico como científico-natural, así como extraer conclusiones generales acerca de la evolución, utilizadas luego en las concepciones evolucionistas de otras ciencias. En otras palabras, la biología, al enriquecer las ideas evolucionistas, contribuye a establecer contactos más estrechos entre todas las ciencias de la naturaleza.

La idea acerca de los niveles estructurales y de la jerarquía de la organización material plantea importantísimos problemas metodológicos relativos al elementalismo y el reduccionismo. Cabe recordar que en el pasado con frecuencia se hacía hincapié, antes que nada, en la crítica de los diversos criterios metafísicos, relacionados con una u otra concepción de lo elemental (más a menudo, con el atomismo clásico). Era frecuente la tendencia a contraponer el elementalismo a la dialéctica, lo elemental a la inagotabilidad, etc. En esencia, dicha tendencia llegaba a veces hasta la crítica -en el espíritu de la filosofía de la naturaleza- de las construcciones científico-naturales concretas que utilizaban la idea del objeto elemental. Actualmente es evidente que el elementalismo como orientación gnoseológica, por sí solo, en modo alguno es inaceptable en sentido metodológico. Por supuesto que unas u otras versiones del elementalismo pueden resultar erróneas y no adecuadas, pero se trata precisamente del carácter erróneo y no adecuado de las versiones, y no de la orientación gnoseológica general.

En el conocimiento científico siempre ha habido y, por lo visto, habrán diferentes tendencias antielementalistas. Tanto en el pasado como, por lo visto, en el futuro, su sentido racional consiste en dilucidar los lados débiles de las concepciones existentes de lo elemental y en estimular las posibles sustituciones de las formas del elementalismo.

Merece un análisis especial la concepción del reduccionismo, estrechamente relacionada con el elementalismo. En el pasado existía la tendencia a identificar simplemente el reduccionismo con el mecanicismo. Como es sabido, F.Engels sometió el mecanicismo (como planteamiento metodológico que rechaza la peculiaridad cualitativa de los niveles más complejos de organización material en comparación con los subyacentes, o inferiores) a una crítica acerba. Claro que ni hablar

de rehabilitación del mecanicismo a la luz de la experiencia del desarrollo de las ciencias naturales en el siglo XX. Por el contrario,este desarrollo enterró definitivamente el mecanicismo en su interpretación anterior.Al mismo tiempo, la experiencia de las ciencias naturales muestra la amplia utilización del procedimiento de la reducción de unas teorías científicas a otras. Es indudable el éxito científico de reducciones, tales como la creación de la química cuántica, la genética molecular, etc.

Todo ello hace necesario hacer una apreciación adecuada de la doctrina del reduccionismo. Han revelado su completa inconsistencia las variantes del reduccionismo tales como el programa neopositivista de "unificación del saber científico", el fisicalismo en sus formas más extremas o las teorías biologizadoras del hombre. Pero, al igual que en el caso del elementalismo, cabe diferenciar las versiones concretas del reduccionismo (que pueden resultar erróneas o metafísicamente unilaterales) y el reduccionismo como orientación gnoseológica general, y la síntesis del método de reducción como uno de los medios más importantes del conocimiento científico contemporáneo.

El método de reducción, comprendido de un modo adecuado, o sea dialécticamente, no rechaza la peculiaridad cualitativa de los niveles de la organización estructural. Por el contrario, es una orientación gnoseológica que orienta a la explicación teórica de la especificidad cualitativa de las formaciones materiales sobre la base de las leyes fundamentales de otros niveles de organizaciones materiales. La dialéctica supera el carácter limitado del reduccionismo, fijando los aspectos de integridad y de especificidad cualitativa de cada nivel estructural.

Tal posición presupone buscar estructuras elementales específicas, incluidas en la integridad. Sobre esta base sigue desarrollándose la concepción de las formas del movimiento de la materia, concepción elaborada por Engels y enfilada contra dos enfoques metafísicamente unilaterales: la negación mecanicista de la peculiaridad cualitativa de los niveles más altos de organización material y la absolutización metafísica de dicha peculiaridad. El progreso de las ciencias naturales contemporáneas desentraña con mayor profundi-

dad el carácter fructífero -desde el punto de vista metodológico- de esta concepción materialista dialéctica del desarrollo. Adquiere una importancia especial su aplicación al análisis de los procesos psíquicos como manifestaciones supremas de la evolución material.

La cuestión acerca de los niveles y estados de organización material atañe no solo a los fundamentos de principios de la ciencia, sino también a los intereses vitales y a las perspectivas de la humanidad.

Las ciencias naturales contemporáneas brindan confirmaciones extraordinariamente brillantes de la ley filosófica general de que, al pasar de un nivel estructural de la materia a otro, de una forma del movimiento a otra, se ponen de relieve propiedades y fuerzas nuevas. Esto fue demostrado con particular evidencia en las investigaciones a nivel atómico y molecular, como asimismo en los novísimos datos astrofísicos sobre los procesos que tienen lugar en el Universo. La fisión o la síntesis de los átomos, transición a las "partículas elementales" o, por el contrario, el paso de la física a la química y, luego, a la biología, el paso de lo físico a lo psíquico libera nuevas fuentes de energía, poniendo de relieve propiedades completamente nuevas. La biología físico-química y molecular y la genética, la investigación y la recombinación de la complejísima estructura de los ácidos nucleicos han abierto nuevos niveles de estudio de lo viviente y revelado las posibilidades extraordinariamente ricas de la biotecnología.

Una etapa cualitativamente nueva en la evolución de la materia está relacionada con la aparición del hombre y con el desarrollo de sus capacidades. Lo principal, lo que ha destacado al hombre separándolo del mundo animal, es la producción de medios de existencia y de instrumentos de trabajo. El surgimiento y el desarrollo de la psique humana es manantial inagotable de acumulación y tesoro de conocimientos y experiencia, una poderosa arma de enriquecimiento de la vida espiritual y del potencial intelectual de la humanidad, lo que ha permitido crear los magnos valores culturales, siendo condición imprescindible para el progreso de la producción material y de toda la civilización humana.

Entre los principios fundamentales del análisis le-

ninista de las cuestiones filosóficas del progreso científico, cabe mencionar la doctrina sobre la dialéctica del proceso cognoscitivo, sobre el movimiento de la cognición desde la verdad incompleta, relativa, hacia el saber más completo y preciso, hacia la verdad absoluta. En el siglo del impetuoso desarrollo de la ciencia y de grandes cambios a que son sometidas las teorías y representaciones tradicionales, esta doctrina ha adquirido especial importancia.

En los últimos años, creció considerablemente el interés por los problemas relacionados con las revoluciones en la ciencia, con la génesis y el devenir de teorías científicas, con la transición de una teoría fundamental a otra, es decir, por las cuestiones ligadas directamente al desarrollo del saber científico. Este interés se define tanto por la necesidad práctica de conocer las regularidades del desarrollo de la ciencia como por la necesidad de hacer un análisis crítico a las concepciones no marxistas contemporáneas. Es sabido que F.Engels y, sobre todo, V.I.Lenin, partiendo de la idea dialéctica general del desarrollo, elaboraron una concepción marxista consecuente de las revoluciones científicas. La obra de Lenin *Materialismo y empiriocriticismo* es un modelo de aplicación, con sentido creador, de la dialéctica materialista al análisis de los cambios revolucionarios en el desarrollo de las ciencias de la naturaleza. Apoyándose en los trabajos de los clásicos del marxismo-leninismo, los marxistas contemporáneos hicieron mucho por desentrañar la dialéctica del desarrollo de la ciencia, esclarecieron y analizaron varios rasgos de importancia, propios de la revolución científica.

Resumiendo, podemos decir que el concepto de revolución científica y el análisis de su estructura no es algo nuevo en el marxismo. Cabe tener esto en cuenta, al dilucidar el "boom" filosófico *sui generis*, provocado en los últimos años por la mencionada problemática en las investigaciones no marxistas, en particular, postpositivistas, relativas a la lógica y la metodología del conocimiento científico.

"¿Cómo se desarrolla la ciencia?" "¿Cuáles son los factores que influyen sobre este desarrollo?", "¿De qué modo se sustituyen las teorías científicas? ¿Qué correlación se mantiene entre la vieja y nueva teo-

ría?", etc.: he aquí las cuestiones a cuya discusión se dedican numerosos trabajos que aceleraron el desmoronamiento del empirismo lógico y dieron pie a cambios en la problemática metodológica. El análisis de la *estructura* del saber científico cedió lugar al análisis de su *desarrollo*, y la metodología burguesa de la ciencia se vio ante la necesidad de pasar al planteamiento de cuestiones más generales y a las tentativas por comprender la ciencia como fenómeno de la cultura. Ya a fines de los años 70 comenzó a esbozarse la tendencia a unir la metodología tradicional ("cientista", si se quiera) con la problemática social, o, dicho en otras palabras, la tendencia a unir de una manera especial la metodología de las ciencias naturales con la de las ciencias sociales.

Sin embargo, al señalar este hecho, cabe subrayar que los factores, conocidos hace mucho en la dialéctica materialista, y a veces simplemente adoptados de ésta, se toman muy a menudo en su aspecto hipostasiado. Así, por ejemplo, al recalcar el papel de los factores sociopsicológicos en el desarrollo de la ciencia, muchos postpositivistas evidentemente los hipertrofian y llegan, prácticamente, a la negación del carácter objetivo del saber científico. Se refieren a cierta "inconmensurabilidad" de las teorías que se sustituyen consecutivamente, es decir, niegan la continuidad, aunque solo sea mínima, en el desarrollo del conocimiento científico. Por eso, las cuestiones concernientes a la relación entre la dialéctica y el relativismo, entre la dialéctica de lo absoluto y de lo relativo en el desarrollo de la ciencia se promueven actualmente a uno de los lugares centrales en la intelección filosófica de la esencia, las causas y las fuerzas motrices de las revoluciones en la ciencia.

Apoyándonos en las ideas leninistas, en el análisis, hecho por Lenin, de la revolución en las ciencias naturales, habida en la delimitación de los siglos XIX y XX -la cual fue el punto de partida para la drástica transformación de los conceptos y nociones formados en las etapas precedentes de la cognición-, partimos de que el carácter relativo del conocimiento científico es manifestación del carácter dialéctico de su desarrollo. Pero éste es solo un aspecto, un lado, que no puede ser examinado por separado, al margen de todo

el cuadro histórico general del desarrollo de la ciencia. Por el contrario, es preciso examinar dicho aspecto en su ligazón con otros y, sobre todo, teniendo en cuenta su objetividad y concibiéndolo como un factor en el desarrollo de la verdad absoluta. Cualquier conocimiento, en la medida en que es un reflejo adecuado de la realidad objetiva, contiene en sí la verdad objetiva. "Reconocer la verdad objetiva -decía Lenin- es decir, la verdad independiente del hombre y de la humanidad, significa admitir de una manera o de otra la verdad absoluta"[9]. Desde este punto de vista, la verdad relativa es asimismo una verdad objetiva, y su diferencia de la verdad absoluta consiste en que es una verdad parcial, es el "núcleo" de ésta última, en el sentido de que expresa el contenido de la verdad absoluta de un modo incompleto y limitado. A su vez, la verdad absoluta puede consolidarse como la suma de verdades relativas, siendo que cada peldaño en el desarrollo de la ciencia "añade" nuevos granitos de arena a esa suma.

Otra conclusión -que tiene importancia conceptual y metodológica de principios-, hecha por Lenin a partir del análisis de la dialéctica de lo relativo y lo absoluto en la cognición, consiste en que la interrelación de lo relativo y lo absoluto en el conocimiento científico en desarrollo es exponente de su carácter continuo. En el curso del desarrollo histórico de la ciencia va formándose el cuadro -cada vez más completo y adecuado- de la realidad natural y social.

En este sentido se puede decir que la revolución científica significa un salto de la verdad relativa, limitada, parcial, hacia una verdad más general, más completa, en otras palabras, el paso a un peldaño más alto en el camino hacia la verdad absoluta.

El aumento del saber científico es por lo tanto la ampliación consecutiva del ámbito de verdad. Entre las viejas y nuevas teorías científicas existen diferentes formas del nexo de sucesión. El paso de una teoría científica a otra no encuadra en el esquema de la negación simple de una vieja teoría por otra nueva. Algunos elementos de la vieja teoría se reconsideran o hasta se excluyen del contenido de la teoría más desarrollada, otros, por el contrario, pasan a formar parte de la misma, bien a modo de transferencia direc-

ta de la vieja teoría a la nueva, o bien en una forma transformada, con lo cual se asegura la comparabilidad de ambas teorías.

La dialéctica de la cognición es tal que, al verificar el constante aumento del saber, al ensanchar sus límites, la ciencia se apoya en su desarrollo progresivo en el material pensante ya acumulado, según expresión de Engels, en el conjunto existente del contenido del conocimiento, en las formas de actividad cognoscitiva, cristalizadas en el curso del desarrollo histórico (la lengua, las formas lógicas, los medios experimentales, etc.). En este sentido las revoluciones científicas son un proceso socialmente determinado; no se las puede reducir a la actividad de algunos científicos, por relevantes que sean, tanto menos limitar los factores que determinan el aumento del saber, a móviles subjetivos de la actividad de los científicos.

Las teorías científicas resultarán relacionadas entre sí de un modo todavía más estrecho si no nos limitamos a dilucidar tan solo los contextos teóricos, sino que recordamos constantemente la ligazón que existe entre la ciencia y la praxis. "El problema de si al pensamiento humano se le puede atribuir una verdad objetiva -escribía Marx- no es un problema teórico, sino un problema *práctico*. Es en la práctica donde el hombre tiene que demostrar la verdad, es decir, la realidad y el poderío, la terrenalidad de su pensamiento. El litigio sobre la realidad o irrealidad de un pensamiento que se aísla de la práctica, es un problema puramente *escolástico*" [10].

En efecto, es difícil ver el nexo entre las teorías que se suceden, permaneciendo en el nivel teórico. Pero si tenemos en cuenta que el desarrollo de la práctica material de producción ejerce una influencia decisiva sobre el nacimiento de nuevas teorías y que los conocimientos obtenidos sobre la base de la vieja teoría se plasman en la producción material y se conservan al aparecer una teoría nueva, es fácil ver que entre la teoría vieja y la nueva existen nexos de sucesión.

La sucesión en el desarrollo del conocimiento científico se asegura por la continuidad del desarrollo de la cultura material y espiritual de la sociedad; por eso,no se puede comprender el desarrollo de la ciencia, haciendo abstracción de la práctica material de pro-

ducción y del progreso de las relaciones sociales y de la cultura. La clave para solucionar los problemas fundamentales de la concepción de las revoluciones científicas está, sin duda, en la cristalización de un enfoque, bajo el cual los virajes cardinales en el sistema del saber científico y en las bases del mismo se examinen en el contexto de las transformaciones radicales en todo el sistema de la actividad científico-cognoscitiva que se deben tanto a los factores científicos internos como a los multivariados factores sociales.

Al hablar de las tendencias del desarrollo de las ciencias naturales contemporáneas, cabe señalar de un modo especial el proceso de matematización de los conocimientos, que está constantemente profundizándose. Los críticos neopositivistas de la dialéctica materialista afirman con frecuencia que ésta, presuntamente, no puede explicar dicha tendencia. Esto no corresponde con la realidad. Es sabido que V.I.Lenin consideraba la matematización del saber una de las particularidades más importantes de la novísima revolución en las ciencias naturales (revolución que se inició en el deslinde de los siglos XIX y XX). El progreso de la cognición -escribía Lenin- está ligado con la aproximación a "elementos homogéneos y simples de la materia cuyas leyes de movimiento son susceptibles de una expresión matemática"[11]. Esto no quiere decir que las matemáticas no se hubieran utilizado en las épocas precedentes. Es más, ciencias como la física, la mecánica, la astronomía siempre han tenido relación con las matemáticas. Además, esta relación era recíproca: la indagación de la naturaleza daba potentes impulsos para el desarrollo de las matemáticas, las cuales, a su vez, abrían nuevas posibilidades para formalizar cuantitativamente las leyes de las ciencias naturales y para hacer los cálculos necesarios. El ejemplo más brillante de ello es la interacción fructífera del análisis matemático y de la teoría de las ecuaciones diferenciales con la mecánica clásica y, más tarde, con la física clásica en los siglos XVII-XIX.

Pero tan solo a partir de fines del siglo XIX y, en especial, en la física del siglo XX, las matemáticas, al haberse convertido hacia esa época en una esfera del saber muy abstracta y ramificada, comienzan a des-

empeñar cada vez más el papel de biblioteca, *sui generis*, de "patrones" estructurales para formular las leyes y teorías físicas. La geometría de Riemann fue el prototipo matemático de la teoría general de la relatividad, y la teoría del espacio hilbertiano se constituyó en la base de la estructura matemática de la teoría cuántica.

En la física clásica, el estudio de los fenómenos, por regla general, comienza a partir de la descripción empírica. Se componía un esquema no matemático demostrativo del fenómeno. La formalización matemática de regularidades físicas fue el resultado de una serie de idealizaciones. En cambio, en la física del siglo XX cobró amplia difusión el método de la hipótesis matemática, y conforme al mismo, según palabras del académico L.I.Mandelshtam, primero se tiene idea del "aparato matemático que opera con las magnitudes, de las cuales (o de una parte de las cuales) no se sabe de antemano qué representan"[12]. Se requiere un procedimiento de interpretación que establezca nexos precisos entre la construcción matemática adivinada y el experimento, para que esta construcción se convierta en ley objetiva física.

En relación con el método de hipótesis matemática, se plantea el interrogante: ¿por qué las representaciones de una ciencia tan abstracta como la matemática resultan tan productivas en las ciencias de la naturaleza? Ya F.Engels dio la respuesta a este interrogante, si bien en forma generalizada[13].

Advirtió que la matemática es aplicable a la realidad objetiva puesto que es tomada de esta realidad. Al mismo tiempo, la matemática es aplicable a la realidad puesto que lleva implícito un saber que trasciende los límites de las nociones que transmiten los hechos observados. Las teorías matemáticas van constituyéndose como resultado de una serie de abstracciones e idealizaciones. Según subrayara F.Engels, ya la geometría euclidiana y la aritmética elemental investigaban las formas espaciales y las relaciones cuantitativas del mundo real en "toda su pureza", separándolas por completo de su contenido y "dejando éste a un lado como indiferente"[14]. Las teorías matemáticas contemporáneas surgen como efecto de la esquematización e idealización no solo de la propia realidad, sino también de

las construcciones mentales que constituyen el contenido de otras teorías matemáticas o científicas en general.

En el siglo XX, el dominio del saber matematizado se amplió en considerable medida. En pos de la matematización de la física comenzó la matematización de la química y de varias ramas rectoras de la biología y la geología. Además, la matematización de las ciencias naturales con frecuencia acompaña la implantación en las mismas de las ideas y los métodos físicos, que ya se han matematizado. La matematización está ligada también con procesos conceptuales tales como la cibernetización y el enfoque sistémico. En la época de la actual revolución científico-técnica, la matematización es corroborada por los éxitos logrados en la matemática de computación y en la utilización de los ordenadores.

¿Cuáles son los límites de la matematización del saber? Sería erróneo buscar la respuesta a este interrogante partiendo de la división filosófica del mundo en "dominios".Semejante enfoque sería una reincidencia de la filosofía de la naturaleza,con la cual -como hemos señalado ya- la filosofía marxista rompió desde el momento de su propia aparición.Tan solo la práctica de la investigación científica revela los verdaderos límites de la matematización.

Al mismo tiempo, no pueden por menos que objetarse las concepciones de la matematización ilimitada, que tienen como premisa la tesis platoniana de la genesíaca esencia matemática del mundo. La unidad del mundo consiste en su materialidad. Cualquier otro enfoque de la unidad del mundo, al resucitar las concepciones metafísicas del pasado, significaba un intento de colocar el desarrollo de la ciencia en los marcos apriorísticos, que no le son inherentes. La unidad de las ideas y métodos matemáticos de que se valen diferentes ciencias es tan solo una de las manifestaciones de la unidad del saber y, por ende, de la unidad del mundo. V.I.Lenin escribía que "la unidad de la naturaleza se manifiesta en la "asombrosa analogía" de las ecuaciones diferenciales que se refieren a los diferentes órdenes de los fenómenos"[15].

El término "se manifiesta" es aquí muy preciso. "Se manifiesta", pero no "consiste en". La unidad de la naturaleza se manifiesta en igual medida en los nexos cau-

sales que "penetran" en diferentes dominios de la realidad, en el carácter estructurado y en la inagotabilidad de los objetos materiales, como asimismo en la idea dialéctica del desarrollo, que gana cada vez mayor importancia incluso en las ciencias de la naturaleza inanimada.

* * *

Al elaborar las categorías fundamentales y generales del conocimiento, la filosofía crea el aparato conceptual, en cuyo marco se forma la visión del mundo en distintas ramas del saber. El pertrechamiento metodológico de cada ciencia concreta está indisolublemente ligado con esta visión general del mundo, con las generalizaciones conceptuales de los nuevos logros del conocimiento científico.

Adquiere particular interés la cuestión sobre los mecanismos concretos de la influencia heurística que ejerce la dialéctica materialista en el progreso de la actividad científico-cognoscitiva, en particular, en los modos de sintetizar el saber, nuevo por principio, sobre la naturaleza. Mientras en el pasado el análisis de este cúmulo de problemas, por regla general, se limitaba a dilucidar el papel metodológico de la dialéctica materialista en el devenir del sistema íntegro de la actividad científico-cognoscitiva, así como la estructura y la génesis del saber científico, actualmente, en cambio, adquiere cada vez mayor importancia la dilucidación de la determinación sociocultural de la cognición, la cual se realiza, en particular, a través de un sistema de premisas y orientaciones que regulan la investigación científica (el modo de pensar, el cuadro científico-natural del mundo, las normas e ideales de la estructura y de la fundamentación de la teoría, los principios metodológicos, etc.).

En este sentido, tienen gran importancia los estudios, ampliamente desplegados, de la unidad de los factores científicos internos y sociales del desarrollo del conocimiento científico. La apelación al amplio contexto sociocultural del desarrollo de la ciencia es sumamente actual puesto que en esta vía es donde se pone de manifiesto la unidad orgánica entre el saber científico y la concepción del mundo, entre la teoría y la vida. Los procesos de integración en la

ciencia los entendemos no solo como problemas estrictamente teórico-cognoscitivos y metodológicos de la sistemacidad del saber científico, sino también como el problema de la predestinación social de la ciencia, de su interacción con otras instituciones sociales y esferas de la vida social, como problema de la activa posición social, moral y conceptual que adopta el científico. Por eso, la investigación filosófica de dichos procesos abarca un amplio círculo de problemas cuya solución depende, en medida sustancial, de que los trabajos filosóficos se orienten a las premisas prácticas sociales y a las condiciones de integración, así como a las demandas sociales reales que se presentan a la ciencia. Al hablar de las perspectivas del estudio filosófico del conocimiento científico contemporáneo, centramos la atención en el nexo indisoluble que existe entre la ciencia y la práctica, entre la filosofía y la vida social, con todos sus problemas candentes.

La peculiaridad de la producción moderna, las tareas generales del despliegue de la revolución científico-técnica imponen la necesidad de integrar los adelantos logrados en las ciencias sociales, naturales y técnicas. Para la dirección científica consecuente de la tendencia general a la aproximación de todos los dominios más importantes del saber, se requiere seguir elaborando los postulados teóricos de principio sobre la predestinación social de la ciencia, sobre el valor que representa para el hombre y la humanidad, además, no en un sentido utilitario primitivo, sino en consonancia con la comprensión profunda de la esencia del hombre, de sus necesidades y aspiraciones, comprensión fundamentada en la filosofía marxista-leninista de la historia. En otros términos, el problema del hombre se convierte no solo en el estímulo rector de la intelección teórica de la relación recíproca entre las ciencias naturales, sociales y técnicas, sino también en el eslabón principal para elaborar las bases filosóficas de esta relación y para destacar con mayor precisión el cúmulo de problemas metodológicos y conceptuales que no pueden ser simplemente la suma de las diferentes ramas del saber, sino que deben reflejar precisamente las tendencias sintéticas de su creciente interacción.

El análisis de las peculiaridades del desarrollo de las fuerzas productivas supone la necesidad de estudiar -además de las propiedades físico-químicas y tecnológicas de los instrumentos del trabajo y de los materiales que se someten a la elaboración- ante todo, al hombre como la fuerza productiva principal y el elevado valor de las posibilidades físicas, psíquicas e intelectuales del mismo, sus gustos estéticos y otras cualidades sociales, conjugados con las propiedades de los sistemas técnicos contemporáneos y futuros. Las nuevas disciplinas científicas que surgen sobre este terreno -tales como la ergonomía, la estética técnica, la lingüística aplicada, la psicología ingenieril y la cibernética económica- integran los medios y métodos teóricos y experimentales de las ciencias sociales, naturales y técnicas.

En estas condiciones se pone de manifiesto la completa inadecuación de las tentativas que emprenden los filósofos positivistas y postpositivistas de circunscribirse -al hacer la reconstrucción teórica de los mecanismos de la cognición científica- a la concepción de la ciencia como sistema del saber que se desarrolla en forma autónoma. Las numerosas dificultades, falta de coordinación y contradicciones, con las que tropiezan todas las ideas de esta índole, demuestran palpablemente que la comprensión adecuada de este proceso puede lograrse tan sólo sobre la base del estudio del saber -que está en creciente desarrollo- en el marco de todo el sistema de la actividad científico-cognoscitiva, la cual se determina por el conjunto de los factores sociales y culturales, y, en última instancia, por toda la práctica social.

---

[1] V.I.Lenin. "Materialismo y empiriocriticismo", *Obras completas*, 2a.ed.,Buenos Aires,1969, t.14, pág.276.

[2] Ibid., pág. 278.

[3] Ibid., pág. 169

4 Ibid., pág. 186.

5 Ibid., pág. 267.

6 F.Engels. *Anti-Dühring*, La Habana, 1963, pág. 58.

7 Ibídem.

8 F.Engels. *Dialéctica de la naturaleza*, Buenos Aires, 1975, pág. 41.

9 V.I.Lenin. "Materialismo y empiriocriticismo",*Obras completas*, ed.cit., t.14, pág. 139.

10 C.Marx. "Tesis sobre Feuerbach": C.Marx y F.Engels. *Obras escogidas* en tres tomos, Moscú, 1976, t.1, pág. 8.

11 V.I.Lenin. "Materialismo y empiriocriticismo",*Obras completas*, ed.cit., t.14, pág. 324.

12 N.I.Mandelshtam. *Obras completas*, t. V, Moscú, 1950, pág. 351 (en ruso).

13 Véase F.Engels. *Anti-Dühring*, ed.cit., pág. 52.

14 Ibídem.

15 V.I.Lenin. "Materialismo y empiriocriticismo",*Obras completas*, ed.cit., t.14, pág. 305.

CARLOS MARX SOBRE EL DESARROLLO DEL CONOCIMIENTO CIENTIFICO

Bonifati Kédrov,
miembro efectivo
de la AC de la URSS

Carlos Marx no solo fue un gran revolucionario, guía del proletariado mundial, sino también un gran sabio, fundador de la doctrina que lleva su nombre. Como dialéctico-materialista que era, le interesó el desarrollo de la ciencia, el avance del conocimiento científico y su regularidad. Examinemos en este plano los puntos de vista de Marx sobre: el curso general del conocimiento científico, y, en este orden de cosas, sobre el objeto de la ciencia en general; el método correcto de la ciencia; las tres fases o niveles del conocimiento científico; la ciencia futura; la orientación del conocimiento científico, con la particularidad de que nos interesará sobremanera la relación de las ideas de Marx con la contemporaneidad, su connotación en las condiciones de la época histórica que vivimos.

Curso general del conocimiento científico. Objeto de la ciencia

Como creador de la dialéctica materialista, Marx comprendió profundamente por qué vía avanza el conocimiento científico y cuál es la regularidad más importante de dicho avance. En el III tomo de *El Capital*, destacó que detrás de las relaciones superficiales de las cosas y los fenómenos se oculta su esencia latente, soterrada, la cual dista de ser accesible siempre y para todos. El curso general del conocimiento va dirigido, pues, desde los fenómenos que nos son dados directamente, hacia la revelación de su esencia interior, que oficia ante todo como sus leyes. Marx critica a quienes no penetran más allá de las manifestaciones exteriores del proceso en estudio, quienes son incapaces "para captar a través de la apariencia la verdadera

esencia interior y la estructura interna de este proceso"[1].

"La forma exterior de las relaciones económicas, tal como se presenta en la superficie de los fenómenos, en su esencia real -escribía Marx- ... difiere mucho y es, en realidad, lo inverso, lo contrario a su estructura interna esencial aunque oculta, y al concepto que a ella corresponde..."[2]. De ahí se deriva, según Marx, la definición de los objetivos y las tareas inmediatas del conocimiento científico y de su objeto. Escribe: "... Es la obra de la ciencia el reducir los movimientos visibles y puramente aparentes a los movimientos reales e interiores..."[3]. Y más adelante: "... Toda ciencia sería superflua si la apariencia y la esencia de las cosas se confundieran..."[4].

De lo anterior se infiere que lo que sirve de objeto de la ciencia es la esencia de los fenómenos en estudio, sus leyes. El propio Marx adujo, en el epílogo para la segunda edición del I tomo de *El Capital* las palabras de uno de los censores de este tomo, que decían: "Lo único que a Marx le importa es descubrir la ley de los fenómenos en cuya investigación se ocupa. Pero no solo le interesa la ley que los gobierna cuando ya han cobrado forma definitiva y guardan entre sí una determinada relación de interdependencia, tal y como puede observarse en una época dada. Le interesa además, y sobre todo, la ley que rige sus cambios, su evolución..."[5]. Marx se solidariza con tal definición de lo principal en su trabajo y confirma así una vez más su criterio de que el objeto de la ciencia es la revelación de las leyes de los fenómenos en estudio y de su esencia.

Más tarde, esta idea la desarrolló V.I.Lenin, al caracterizar el curso general del conocimiento humano. Escribió que el conocimiento descubre la esencia (la ley, etc.) en los fenómenos directos. De acuerdo con ello, Lenin calificaba de uno de los elementos de la dialéctica "el infinito proceso de profundización del conocimiento por el hombre de la cosa, de los fenómenos, de los procesos, etc., del fenómeno a la esencia y de la esencia menos profunda a la más profunda"[6].

El propio Lenin realizó brillantemente un tal tránsito de los fenómenos a la esencia,al desentrañar la esencia del imperialismo y las leyes que actúan en la

fase imperialista (superior) del desarrollo del capitalismo. De una ley así -la ley del desarrollo del capitalismo- Lenin dedujo como efecto indispensable la tesis de la posibilidad de triunfo del socialismo en un solo país, tomado por separado, confirmada ya en breve con la experiencia de la Gran Revolución Socialista de Octubre.

En nuestra época, la tesis de Marx sobre el movimiento del conocimiento desde los fenómenos hacia la esencia manifiesta su valor de actualidad a cada paso; por ejemplo, en la revelación de la esencia y de las leyes del avance de la sociedad en el socialismo desarrollado, en la determinación de las vías de avance de la sociedad socialista por la vía del comunismo... En las ciencias naturales, el mismo movimiento se verifica, por ejemplo, en la biología, en forma de penetración en la esencia de los procesos de la herencia y del metabolismo, los cuales, antes de revelarse su principio (esencia) físico-químico, habían permanecido a nivel de la mera descripción de los fenómenos observados; en la física atómica, como avance del conocimiento en la profundidad de los procesos nucleares y revelación de su esencia y de sus leyes, que permite ir dominando cada vez más plenamente los secretos del micromundo con vistas a su utilización práctica.

En una palabra, el curso general del conocimiento científico, descubierto por Marx, sigue realizándose también hoy, se manifiesta en el avance progresivo de toda la ciencia, tanto social como histórico-natural. Tal curso se descubre también en el desarrollo de la doctrina de la propia ciencia, a menudo denominada estudio de la ciencia. Teóricamente, el eje de esta doctrina es la concepción marxista del desarrollo de la ciencia (ante todo de las ciencias naturales), que revela las leyes del desarrollo de la ciencia, lo cual constituye, pues, la esencia de un fenómeno social como la ciencia. Ahora bien, los problemas relativos a su organización deben resolverse a partir de una clara comprensión de la esencia del conocimiento científico y de su desarrollo, a partir de sus leyes conocidas.

Carácter trifásico del conocimiento científico y su contradictoriedad

Al caracterizar el método de la economía política, Marx pone de relieve el carácter contradictorio del avance del conocimiento científico, expresado en el ritmo trifásico de su avance: comienza por el estudio de un todo original, es decir, de un objeto desarrollado en toda su complejidad, en tanto que dado directamente. Pero tal examen del mismo no permite estudiar los distintos aspectos y facetas del objeto a conocer: sus "particularidades" desaparecen del campo visual del investigador, disolviéndose en el enfoque sumario general. Surge la necesidad de desglosarlas del todo en estudio haciendo las correspondientes abstracciones.

"Puede parecer un buen método -escribía Marx- comenzar por la base sólida de lo que es real y concreto; en una palabra, enfocar la economía a través de la población... Sin embargo, bien mirado, este método es erróneo. La población resulta una abstracción si, por ejemplo, paso por alto las clases de que se compone... Si en consecuencia, comenzara sencillamente por la población, tendría una visión caótica de conjunto. Pero si procediera mediante un análisis cada vez más penetrante, llegaría a nociones cada vez más simples: partiendo de lo concreto que yo percibiera, pasaría a abstracciones cada vez más sutiles para desembocar en las categorías más simples. En este punto, sería necesario volver sobre nuestros pasos para arribar de nuevo a la población. Pero esta vez no tendríamos una idea caótica del todo, sino un rico conjunto de determinaciones y de relaciones complejas"[7].

Es en este movimiento contrario en lo que consiste, pues, según Marx, el método científico de exposición. En el nivel o la fase precedente del conocimiento se destacan, mediante el análisis, algunas relaciones generales abstractas. A nivel (en la fase) de la síntesis teórica, ellas se enlazan en un todo. "Lo concreto es concreto -escribe Marx-, ya que constituye la síntesis de numerosas determinaciones, o sea la unidad de la diversidad. Para el pensamiento constituye un proceso de síntesis y un resultado, no un punto de partida. Es para nosotros el punto de partida de la realidad..."[8].

En el curso de la investigación, las abstracciones desglosadas se van haciendo cada vez más pobres de contenido, reflejando los estadios pasados ya en cierta ocasión por la materia en desarrollo y que solo se han conservado en él ahora en su forma superada. Y entonces, cuando se ha encontrado, por fin, la abstracción más simple y más pobre de contenido, comienza el movimiento de la cognición científica en dirección contraria: desde lo abstracto encontrado hacia la reproducción en el pensamiento de lo concreto original por lo que ha comenzado, pues, el avance del conocimiento que estudia dicha materia. Es en ello en lo que ve Marx las particularidades del método de la ciencia y de los resultados alcanzados por ella a diferencia del método de investigación.

"Claro está -escribía Marx en *El Capital*- que el método de exposición debe distinguirse formalmente del método de investigación. La investigación ha de tender a asimilarse en detalle la materia investigada, a analizar sus diversas formas de desarrollo y a descubrir sus nexos internos. Solo después de coronada esta labor, puede el investigador proceder a exponer adecuadamente el movimiento real. Y si sabe hacerlo y consigue reflejar idealmente en la exposición la vida de la materia, cabe siempre la posibilidad de que se tenga la impresión de estar ante una construcción *a priori*"[9].

Evidentemente, de lo que trata aquí Marx es del ritmo trifásico de movimiento de la cognición científica: la primera fase la constituye la contemplación directa, o viva, de la materia como un todo; la segunda, su negación a través del desglose analítico del todo en los distintos aspectos y partes con vistas a estudiarlos en su forma aislada y en ocasiones incluso contraponiéndolos uno a otro; por último, la tercera fase, o la negación de la negación precedente, analítica, de la integridad de la materia en estudio la constituye su restitución sintética en su integridad y concreticidad original. En pocas palabras, el ritmo trifásico es presentado en este caso como movimiento de la congnición desde la contemplación directa, a través del análisis posterior, hacia la síntesis final, apoyada en el análisis que la precede.

La profunda contradictoriedad dialéctica de este movimiento consiste en que no se puede conocer el todo de otra manera sino solo destruyéndolo primero como todo, descomponiéndolo en partes.

V.I.Lenin advirtió: "¡correcto!" con motivo del planteamiento hegeliano de que el pensamiento siempre ofrece dificultad, porque examina los aspectos de la materia, en realidad vinculados entre sí, separándolos unos de otros. Al hilo de esta idea, Lenin dice: "No podemos imaginar, expresar, medir, describir el movimiento sin interrumpir la continuidad, sin simplificar, hacer tosco, desmembrar, estrangular lo que está vivo. La representación del movimiento por medio del pensamiento siempre hace tosco, mata -y no sólo por medio del pensamiento, sino también por la percepción sensorial, y no sólo del movimiento, sino de *todos* los conceptos.

Y en eso reside la *esencia* de la dialéctica. Y precisamente *esta esencia* es expresada por la fórmula: la unidad, identidad de los contrarios"[10].

Toda la historia de las ciencias naturales, desde la remota antigüedad hasta nuestros días, sirve de una magnífica confirmación de los referidos postulados de Marx, desarrollados luego por Lenin. Así, la historia de la física, en particular de la óptica, atestigua que la luz como objeto de estudio en el siglo XVII tuvo primeramente dos interpretaciones cognoscitivas: discontinua, representada por la hipótesis corpuscular de Newton, y continua, representada por la hipótesis ondulatoria de Huygens. En el siglo XIX, esta última pareció triunfar. Sin embargo, en el siglo XX, comenzando por la teoría cuántica de Planck, la idea de la discontinuidad volvió a abrirse paso en la óptica, hasta que en el deslinde entre el primero y el segundo cuartos del siglo XX nació la mecánica cuántica, que reflejó en una unidad dialéctica ambos aspectos del objeto físico: el discontinuo y el continuo, el corpuscular y el ondulatorio. Desde entonces, la física moderna de las micropartículas se viene desarrollando sobre esta base. Este camino dialécticamente contradictorio del conocimiento científico-natural queda bien expresado por Lenin en la frase que sigue: "La división de un todo único y el conocimiento de sus partes...es la *esencia*... de la dialéctica... ...La

justeza de este aspecto del contenido de la dialéctica debe ser verificada por la historia de la ciencia"[11].

No solo la historia de la óptica, sino también de toda la física y de las demás ramas de las ciencias naturales corrobora magníficamente esta esencia de la dialéctica. La historia de la química ofrece un espectacular ejemplo del ritmo trifásico del movimiento de la cognición científica. Desde la representación caótica de la sustancia química concreta con sus transformaciones, también químicas, hacia su análisis (en los siglos XVII-XVIII) y hacia la síntesis química en el siglo XIX -primero inorgánica y luego orgánica: desde la síntesis wöhleriana de la urea (1828) hasta la síntesis del índigo (los años 70 y más tarde)-, tal es el camino recorrido por la química. Sobre esta base surgieron las ramas punteras de la industria química como la de colorantes de anilina, la farmacéutica y la de perfumería. En nuestros días, la síntesis orgánica fina se ha elevado al nivel de la síntesis de los compuestos de cadena larga y de alto peso molecular, hasta los primeros pasos de la biosíntesis. Queda así espléndidamente corroborada la tesis leninista: "De la percepción viva al pensamiento abstracto, *y de éste a la práctica:* tal es el camino dialéctico del conocimiento de la *verdad*, del conocimiento de la realidad objetiva"[12].

Método científico correcto

El método de ascensión mental de lo abstracto a lo concreto fue calificado por Marx de correcto en el sentido científico[13]. Dicho método es correcto ante todo porque "la transición del pensamiento abstracto, que va de lo simple a lo complejo, refleja así el proceso histórico real"[14].

Por consiguiente, la ascensión mental de lo abstracto a lo concreto refleja, pero solo en una forma lógicamente consecuente, el proceso histórico real de desarrollo de la materia en estudio o bien de desarrollo de la ciencia relativa a dicha materia. Engels valoró altamente "el haber elaborado el método en que descansa la crítica de la Economía Política por Marx..."[15]. En la historia, al igual que en su reflejo, el desarrollo en líneas generales se verifica

desde relaciones más simples hacia más complejas. Sin embargo, a menudo la historia se desarrolla a saltos y en zigzags. De este modo, el único conveniente resultó ser para Marx el método lógico.

"Pero éste no es, en realidad, más que el método histórico, despojado únicamente de su forma histórica y de las contingentes perturbadoras -escribió Engels-. Allí donde comienza esta historia debe comenzar también el proceso discursivo, y el desarrollo ulterior de éste no será más que la imagen refleja, en forma abstracta y teóricamente consecuente"[16].

Con este método se parte de la primera y la más simple relación que nos fue dada históricamente. En el prefacio a la primera edición del I tomo de *El Capital* Marx calificó tal relación de "célula" de la ciencia y de su materia. Había adoptado este concepto de la biología: la célula biológica es la forma original más simple de la que crece genéticamente el organismo adulto ("el cuerpo desarrollado") y de la que se construye estructuralmente. A pesar de lo sumamente simple y abstracto que es, la "célula" de la economía política no se había prestado a intelección durante más de dos mil años. "¿Por qué?" -pregunta Marx y contesta: "Porque es más fácil estudiar el organismo desarrollado que la simple *célula*"[17]. El propio Marx la había estado buscando mucho tiempo, hasta descubrir que la "célula" de la sociedad burguesa es la mercancía.

Con este motivo, caracterizando la doctrina económica de Marx, Lenin escribió: "El comienzo -el "ser" más simple, común, inmediato, en masa: la mercancía singular (el "Sein" en la economía política)"[18]. Más adelante, Lenin desarrolla su caracterización del método científico de Marx: "En *El Capital* Marx analiza primero la *relación* más simple, más ordinaria y fundamental, más común y cotidiana de la sociedad burguesa (la mercancía), una relación que se encuentra miles de millones de veces, a saber, el intercambio de mercancías. En este simple fenómeno (en esta "célula" de la sociedad burguesa) el análisis revela *todas* las contradicciones (o los gérmenes de *todas* las contradicciones) de la sociedad moderna"[19]. La exposición ulterior muestra el desarrollo, el crecimiento y el movimiento de dichas contradicciones y de dicha sociedad

en la totalidad de sus distintas partes, desde su comienzo hasta su fin.

Así pues, el método científico de Marx es la ascensión de lo abstracto, es decir, de lo poco desarrollado, lo embrionario, de lo que no ha desplegado aún las cualidades encerradas en lo mismo y por lo tanto pobre en definiciones, a lo concreto, es decir, a lo desarrollado, a lo que ha desplegado ya sus cualidades, y por lo tanto rico en definiciones. Evidentemente, la base de este método la constituye el principio del desarrollo en forma de un procedimiento lógico adecuado al mismo.

De hecho, este método hace mucho ya que pasó orgánicamente a formar parte de la ciencia moderna. Según el método de ascensión de lo abstracto a lo concreto se exponen las ciencias particulares, que han alcanzado en su desarrollo un alto nivel de conclusión sistemática. De entre las ciencias sociales se destaca en este sentido la economía política del capitalismo, desarrollada por Marx. Entre las ciencias naturales cabe mencionar la biología, la cual se constituyó en una verdadera ciencia desde el descubrimiento de la "célula", es decir, de la creación de la teoría celular a comienzos del segundo tercio del siglo XIX. La química se convirtió en una ciencia solo cuando a su debido tiempo se había descubierto su "célula" en forma de elementos químicos. La química orgánica obtuvo su "célula" en los años 60 del siglo XIX en forma de hidrocarburos, la doctrina de los cuales había sido elaborada por Karl Schorlemmer, un amigo de Marx. La "célula" del análisis físico-químico en la doctrina de N.S.Kurnakov pasaron a serla los componentes químicos que forman sistemas multicomponentes. En la química de los polímeros, el papel de "célula" lo desempeña el monómero, que produce a través de la polimerización los correspondientes polímeros. En el ámbito de la cristalografía, la "célula" aparece en forma de celdilla cristálica. En microfísica, que solo se ha desarrollado en nuestro siglo, la referencia a la "célula" figura ya en el propio nombre de la correspondiente rama científica: física nuclear; física de partículas elementales, etc.

Hemos enumerado algunas de las ciencias particulares concretas,que con su estructura y su exposición refle-

jan el proceso real de desarrollo (complicación) del objeto material de la naturaleza animada o inanimada. Mas también hay otro grupo de ciencias particulares, de carácter, por así decirlo, abstracto-matemático, cuya estructura no refleja el proceso real de desarrollo de un cuerpo material, sino el proceso de desarrollo de nuestro pensamiento propio, que concibe un aspecto en varios objetos cualitativamente distintos: el espacial o el cuantitativo en general, el estructural, el mecánico, el termodinámico, etc. El papel de "célula" desempeñan aquí ciertos principios y tesis, postulados y axiomas originales, a partir de los cuales se desarrolla y deduce luego el contenido de la rama del saber correspondiente. Como tal "célula" (principio) sirve en la geometría de Euclides el axioma sobre la línea recta como la distancia más corta entre dos puntos; en la mecánica de Newton, tres axiomas del movimiento mecánico; en la termodinámica clásica (formal), sus dos principios o elementos, a los que Nernst añadió a fines del siglo XIX un tercero, sobre imposibilidad de alcanzar el cero absoluto.

En todos estos y en otros casos análogos tenemos que ver de hecho con el método de ascensión de lo abstracto a lo concreto, pero, por supuesto, cada vez en su manifestación peculiar concreta con arreglo a la especificidad de la materia en estudio. De este modo, el método científico de Marx es en realidad una generalización lógica de los modos de exponer las más distintas ciencias particulares de carácter tanto cualitativo-concreto como abstracto-matemático.

Con lo que el método de Marx guarda la relación más directa e inmediata es con la exposición de la dialéctica materialista, que presenta la filosofía del marxismo como la única ciencia general.Al exponer el método científico de Marx,Lenin escribió:"Tal debe ser también el método de exposición (o estudio) de la dialéctica en general (porque para Marx la dialéctica de la sociedad burguesa es sólo un caso particular de la dialéctica)"[20].

Y más adelante Lenin explica qué es lo que debe constituir la "célula" original para exponer la dialéctica: hay que comenzar por lo más simple, común, en masa, etc., por cualquier proposición y descubrir en ella la contradicción subyacente en forma de unidad (identidad)

de los contrarios. Así, al decir "Juan es un hombre", identificamos lo singular ("Juan") con lo general ("hombre"). "Así -resume Lenin-, en *cualquier* proposición podemos (y debemos) descubrir como en un "nucleo" ("célula") los gérmenes de *todos* los elementos de la dialéctica, y con ello mostrar que la dialéctica es una propiedad de todo conocimiento humano en general"[21].

El precepto leninista -el de exponer la dialéctica según el método científico de Marx- significa exponerla dialécticamente. Este precepto debe ser cumplido. Es preciso tener siempre presente que la dialéctica hay que exponerla dialécticamente, según el método de Marx.

Particularidades del trabajo científico. Distanciamiento entre el científico y el obrero

Con el problema general relativo a las regularidades del desarrollo del conocimiento científico y a su mecanismo intrínseco está ligada en Marx la investigación de las distintas formas de contacto entre los estudiosos tanto en el sentido de la continuidad de las ideas y de los descubrimientos hechos por distintas generaciones de estudiosos, como en el sentido de su trabajo conjunto, simultáneo. En el III tomo de *El Capital*, Marx subrayó que "...no debe confundirse el trabajo general con el trabajo colectivo. Ambos desempeñan su papel en el proceso de producción, ambos se entrecruzan pero sin confundirse. Trabajo general es todo trabajo científico, todo descubrimiento, todo invento. Depende, en parte, de la cooperación con otras personas vivas, en parte del aprovechamiento de los trabajos de gentes anteriores. El trabajo colectivo presupone la cooperación directa entre los individuos"[22].

Todo ello atañe directamente también al trabajo científico. En *La Ideología Alemana*, Marx y Engels resaltan la importancia de organizar la cooperación del trabajo científico: "En astronomía, gente como Arago, Herschel, Enke y Bessel han considerado necesario organizarse para poner en común sus observaciones, habiendo llegado desde entonces a algunos resultados provechosos"[23].

Refiriéndose al desarrollo de los conocimientos aplicados, prácticos, Marx destacaba en el tomo I: "Una *historia crítica de la tecnología* demostraría seguramente que ningún invento del siglo XVIII fue obra personal de un individuo. Hasta hoy, esta historia no existe"[24].

Estas palabras también pueden ser referidas en un grado considerable a la historia de los descubrimientos científico-naturales. Ninguno de ellos, de más o menos importancia, se hace de una vez por un solo sabio. Va precedido siempre por el trabajo de numerosos investigadores, que han ido preparando dicho descubrimiento. A menudo también el propio descubrimiento es realizado por varios estudiosos en el proceso de su trabajo conjunto o bien al mismo tiempo, independientemente los unos de los otros. En cambio, el desarrollo ulterior del descubrimiento hecho atrae, por regla general, multitud de fuerzas científicas, así que se puede decir con razón empleando las palabras de Marx: seguramente ningún descubrimiento relevante en las ciencias naturales es obra personal de un individuo. De hecho es resultado de la inteligencia colectiva de la humanidad.

En el mismo I tomo de *El Capital* Marx revela el proceso de separación de la ciencia respecto del obrero productor. Tal proceso, según escribe Marx, "se remata en la gran industria, donde la *ciencia* es separada del trabajo como potencia independiente de producción y aherrojada al servicio del capital"[25]. Para este pasaje Marx hace una acotación, aduciendo las palabras de W.Thompson: "Entre el hombre de cultura y el obrero productor se interpone un abismo y la ciencia, que, puesta en manos del obrero, serviría para intensificar sus propias fuerzas productivas, se coloca casi siempre enfrente de él... La cultura se convierte en un instrumento susceptible de vivir separado del trabajo y enfrentado con él"[26].

Solo en el régimen socialista, semejante desfase antagónico entre la ciencia y el trabajo, entre el estudioso y el obrero se liquida por completo: en el socialismo, el obrero domina las cimas de la ciencia y el hombre de ciencia se introduce en la producción.

Ciencia del futuro. Perspectivas del desarrollo del conocimiento científico

A mediados de los años 40 del siglo pasado, cuando Marx escribía sus *Manuscritos de 1844 (Economía Política y Filosofía)*, la diferenciación de las ciencias no había salido aún de su fase analítica. Las ciencias todavía se aislaban entre sí de manera acusada y solo se confrontaban la una con la otra en forma extrínseca. En esos años comenzó el descubrimiento de la ley de la conservación y transformación de la energía, la cual sirvió en la segunda mitad del siglo XX de un poderoso estímulo para el despliegue de las tendencias sintéticas dentro de las ciencias naturales y constituyó un factor integrador en la obra de su unificación intrínseca. Precisamente esta tendencia en el ámbito del conocimiento científico, y no solo dentro de las solas ciencias naturales, fue la que captó la mirada especulativa de Marx, quien veía muy por delante.

Ya en 1844 Marx escribía: "Las *ciencias de la naturaleza* han desplegado una enorme actividad y han hecho suyo un material que va en aumento. No obstante, la filosofía ha seguido siendo para ellas tan extraña, que ellas han seguido siendo extrañas para la filosofía. Su momentánea unión no era sino una *ilusión de la imaginación*. La voluntad estaba, pero faltaba la capacidad"[27]. Según palabras de Marx, las ciencias de la naturaleza han intervenido, por medio de la industria, en forma tanto más *práctica* en la vida humana y la han transformado, por cuanto la *industria* es la relación *real* de la naturaleza y, por tanto, de las ciencias de la naturaleza con el hombre.

Marx examinó en este orden de ideas la esencia *humana* de la naturaleza, o la esencia *natural* del hombre, y demostró que en este aspecto las ciencias naturales deben perder su orientación unilateral, abstracta y pasarán a ser la base de la ciencia, de la misma manera como han devenido ya ahora en la base de la vida humana. La naturaleza que deviene en la historia humana es, según Marx, la naturaleza *real* del hombre.

Así es como trazaba Marx el camino hacia la unificación de la naturaleza y el hombre, y sobre esta base, de la ciencia de la naturaleza (las ciencias natu-

rales) y la ciencia del hombre, de la sociedad. La industria, y, por consiguiente, la técnica, inseparable de la misma, ofician aquí como eslabón de enlace entre la naturaleza y el hombre, y las ciencias técnicas, respectivamente como eslabón de enlace entre las ciencias naturales y las sociales. "La naturaleza, tal como la industria la hace... es la verdadera naturaleza *antropológica*"- resume Marx[28].

De ahí se derivaba la posibilidad de ubicar las perspectivas ulteriores del desarrollo del conocimiento científico en el aspecto integrativo; de ahí también el magnífico pronóstico de Marx, que se realiza a todo tren en nuestros días. "La historia misma -proseguía Marx- es una parte *real* de la *historia de la naturaleza*, de la transformación de la naturaleza en hombre. Las ciencias de la naturaleza han de comprender más tarde la ciencia del hombre, así como la ciencia del hombre englobará las ciencias de la naturaleza: habrá una *sola ciencia*"[29].

La unificación de las ciencias naturales y sociales con el concurso activo de la ciencia de la industria y la técnica no propone la nivelación ni la despersonalización de las distintas ramas del saber científico formadas ya antes, sino, en primer lugar, la pérdida por ellas de su carácter anterior, unilateral, del aislamiento mutuo y de la incomunicación entre sí y, en segundo lugar, su unificación por un método científico común, que permitirá enfocar los problemas y los procedimientos de las distintas ciencias dèsde posiciones metodológicas de principio únicas. Aquel nexo entre las ciencias naturales y la filosofía que en 1844 era solo aparente, imaginario, ilusorio, devendrá en la futura ciencia única, prevista por Marx, real, virtual y perceptible. Lo mismo se refiere, por supuesto, al nexo entre las ciencias sociales y la filosofía científica, nexo llevado a efecto por el propio Marx junto con Engels.

En *La Ideología Alemana*, escrita conjuntamente con Engels en 1845-1846, Marx siguió desarrollando su pronóstico relativo a la cienica única del futuro. Escribía: "Conocemos sólo una ciencia, la ciencia de la historia. Se puede enfocar la filosofía desde dos ángulos, se puede dividirla en historia de la naturaleza e his-

toria de los hombres. Sin embargo, las dos son inseparables; mientras existan los hombres, la historia de la naturaleza y la historia de los hombres se condicionan mutuamente"[30]. Por historia de la naturaleza Marx entendió en este fragmento las ciencias naturales. Ahora bien, como factor integrativo de la unificación de la ciencia de la naturaleza y la ciencia de la sociedad humana interviene la dialéctica materialista, es decir, la filosofía del marxismo, representada por uno de sus principios fundamentales: por el principio del historicismo, y más ampliamente, por el principio del desarrollo.

En lo sucesivo, Marx volvió reiteradamente al problema relativo a la interrelación entre la naturaleza y el hombre, las ciencias naturales y la industria. También destacó los casos en que la doctrina de la naturaleza y la doctrina de la sociedad entran en contacto tanto directamente como a través de la filosofía científica con su doctrina del desarrollo. Así, con motivo del tratado de Charles Darwin *Sobre el origen de las especies por medio de la selección natural, o la preservación de razas favorecidas en la lucha por la vida*, Marx escribió a Engels el 19 de diciembre de 1860: "Aunque expuesto en forma tosca, a la inglesa, este libro proporciona la base histórico-natural para nuestros conceptos"[31].

Las ideas de Marx sobre la unificación de las ciencias naturales y sociales de conformidad con el acercamiento de la naturaleza y la sociedad a través de la industria y la técnica encontraron su desarrollo en los trabajos de V.I.Lenin. "Las leyes del mundo exterior, de la naturaleza... son las bases de la actividad del hombre, dirigida a su fin -exponía Lenin el punto de vista dialéctico-materialista en *Cuadernos filosóficos*. En su actividad práctica, el hombre se enfrenta con el mundo objetivo, depende de él y determina su actividad de acuerdo con él"[32].

El conocimiento de las leyes de la naturaleza lo proporcionan al hombre las ciencias naturales. La actividad práctica (productiva, industrial, técnica) del hombre está orientada a poner el conocimiento de las leyes de la naturaleza al servicio de las necesidades de la sociedad humana. En ello estriba, pues, la base de la fusión de las ciencias sociales, por medio de

las ciencias técnicas como eslabón de enlace, en una sola ciencia del futuro, fusión prevista por Marx. "*La técnica mecánica y química* sirve a los fines humanos precisamente porque su carácter (esencia) consiste en su ser determinada por las condiciones externas (las leyes de la naturaleza)"[33].

De ahí la bilateralidad de las relaciones de la técnica con otros factores: "*La técnica* y el mundo *objetivo. Técnica y fines*"[34].

El movimiento de la sociedad humana siguió el camino previsto por Marx: por el camino del acercamiento ulterior de las ciencias de la naturaleza y las ciencias de la sociedad a través de su eslabón de enlace: las ciencias de la industria y la técnica. El acercamiento orgánico de las distintas ramas del conocimiento está ligado a la necesidad de dar un análisis marxista multilateral de la revolución científico-técnica (RCT) contemporánea y de su esencia. La RCT, que se ha desplegado en su plenitud a partir de mediados del siglo XX, supone una fusión orgánica de dos revoluciones que transcurrieron anteriormente por separado en dos esferas de la actividad humana: en las ciencias naturales y en la técnica; su fusión en un solo proceso está condicionada por la acción de los factores socioeconómicos como fuente del mismo y a su vez implica profundas consecuencias sociales, sustancialmente distintas en los países capitalistas y en los países socialistas, así como en los países en desarrollo. El análisis de un proceso tan profundamente contradictorio como es la RCT, reclama imperiosamente una estrecha interrelación entre las ciencias sociales, naturales y técnicas, que da la posibilidad de desentrañar los orígenes, la esencia y las perspectivas de la RCT, sus distintos elementos y aspectos.

Un entrelazamiento tan estrecho de los referidos tres grupos fundamentales de ciencias se requiere para llevar a cabo investigaciones integrales de los fenómenos globales de la contemporaneidad como los que están representados por la ecología, el estudio del cosmos, las investigaciones sobre la propia ciencia (el estudio de la ciencia), de la creación científico-técnica, artística y social (la psicología de la creatividad), etc. El desarrollo de todas esas ramas del saber, que constituyen la avanzadilla de la ciencia mo-

derna, se apoya pues en la unidad y la profundísima compenetración de las ciencias que estudian la naturaleza, la sociedad y la técnica.

A la luz de lo anterior se pone de relieve la significación de principios, programática, de las resoluciones del XXV y el XXVI Congresos del PCUS, en las que se resalta la necesidad de acentuar la interrelación e interacción de las ciencias sociales, naturales y técnicas. Este planteamiento atestigua gráficamente que el pronóstico marxiano sobre la ciencia única del futuro es plasmado de manera intensa en nuestra época.

Ello demuestra una vez más que las ideas de Marx viven hoy y mantienen todo su valor de actualidad.

Orientación práctica de la ciencia

En el "Discurso ante la tumba de Marx", Engels, al caracterizar a Marx como sabio, enfatizó: "Para Marx, la ciencia era una fuerza histórica motriz, una fuerza revolucionaria. Por puro que fuese el goce que pudiera depararle un nuevo descubrimiento hecho en cualquier ciencia teórica y cuya aplicación práctica tal vez no podía preverse aún en modo alguno, era muy otro el goce que experimentaba cuando se trataba de un descubrimiento que ejercía inmediatamente una influencia revolucionadora en la industria y en el desarrollo histórico en general. Por eso seguía al detalle la marcha de los descubrimientos realizados en el campo de la electricidad, hasta los de Marcel Deprez en los últimos tiempos"[35].

En estas palabras, pronunciadas en el entierro de Marx, se subraya una de las particularidades más sustanciales de toda su obra: la comprensión de la orientación de la ciencia a satisfacer las necesidades prácticas perentorias de la sociedad. Este aspecto de los criterios de Marx es consonante con nuestra época, en que se ha desplegado en toda su amplitud la revolución científico-técnica y en que en la URSS se realiza la edificación de la base técnico-material de la sociedad comunista.

Ya en *Fundamentos de la crítica de la Economía Política (Esbozo de 1857-1858)*, preparando su obra *El Capital*, Marx se había referido a la actitud hacia la naturaleza, a la que se reduce toda fuerza productiva.

Escribía: "*Sencillamente el desarrollo de la ciencia* -o sea de la forma más sólida de la riqueza, porque ella la crea al mismo tiempo que es un producto- hubiera bastado para disgregar esta comunidad (las sociedades anteriores.-*Nota del autor del artículo*). Ahora bien, el *desarrollo de la ciencia*, esta riqueza a la vez ideal y práctica, no es más que un aspecto y una forma del *desarrollo de las fuerzas productivas humanas*, es decir de la riqueza"[36].

Vemos aquí, en primer lugar, que Marx vincula estrechamente la ciencia, ante todo las ciencias naturales, con las fuerzas productivas de la sociedad, y en segundo lugar, que toma en consideración dos aspectos de la ciencia: el ideal y el práctico, real. A continuación, Marx desarrolla estos postulados suyos, poniendo de relieve la transformación "del proceso de trabajo en un proceso científico que subordina las fuerzas de la naturaleza y las pone al servicio de las necesidades humanas..."[37].

Trátase, por consiguiente, de que la ciencia penetra orgánicamente en la producción, la "cientifiza", y a su vez, gracias a ello, pone de relieve su orientación práctica. Al seguir desarrollando dichas ideas, Marx llega a la conclusión de que la ciencia se convierte en fuerza productiva directa de la sociedad. Pues la naturaleza no construye dispositivos ni estructuras técnicas. "*Son instrumentos del cerebro humano, creados por la mano del hombre*, órganos materializados del saber. El desarrollo del capital fijo indica el grado en el cual la ciencia social en general, el saber, ha devenido una *fuerza productiva inmediata*, y, por consiguiente, hasta qué punto... las fuerzas productivas sociales no son producidas únicamente bajo la forma del saber, sino también como órganos inmediatos de la praxis social, del proceso vital real"[38]. Y, como corolario de ello: "La ley de la tendencia decreciente de la tasa de ganancia determina no solo un incremento de las capacidades científicas, sino que fija la medida en que ellas están ya establecidas como capital fijo, así como la proporción y la amplitud en que son efectivas y dominan el conjunto de la producción"[39].

¿Cuál es, pues, el mecanismo de interacción entre la ciencia y la producción, entre los aspectos ideal y

material de la ciencia en el proceso de su transformación en la fuerza directa de la sociedad? El proceso de conocimiento de la naturaleza por el hombre es concebido por Marx como "transposición" mental de lo material (por ejemplo, de las leyes de la naturaleza conocidas) a la cabeza del hombre y su transformación en ella en los correspondientes conceptos (lo ideal), que reflejan dichas leyes[40].

¿Para qué, pues, hace falta hacerlo? Para que el conocimiento general, transformado en algo ideal (conceptos científicos, teorías, etc.), es decir, la ciencia, debe ser materializada de nuevo, plasmada en dispositivos y estructuras técnico-materiales o procesos tecnológicos, necesarios para la producción. Como resultado, se forma un círculo relativamente cerrado, el cual se reproduce nuevamente a un nivel más elevado, en que la producción renovada como factor material estimula una y otra vez la "trasposición" de lo material a la cabeza del hombre y su transformación en lo ideal, para que lo nuevo e ideal en cuestión se materialice una y otra vez en el proceso de producción.

La particularidad del trabajo humano la veía Marx en que este trabajo es una actividad *orientada hacia su fin*. El hombre que realiza un proceso laboral desde el principio, antes de confeccionar el artículo deseado de un material, lo imagina (planifica) en su cabeza. "Al final del proceso de trabajo, brota un resultado que antes de comenzar el proceso existía ya *en la mente del obrero*; es decir, un resultado que tenía ya existencia *ideal*"[41].

Lo anterior proporciona la clave para comprender la esencia de la revolución científico-técnica contemporánea. Su esencia consiste no solo en que dos revoluciones -en la ciencia y en la técnica- se han fundido hoy en un proceso histórico único, y no solo en que el desarrollo de la ciencia aventaja hoy el desarrollo de la técnica y le desbroza el camino, sino también, principalmente, en que dos procesos que han transcurrido hasta ese momento por separado -el primero es la transformación de lo material (de las leyes de la naturaleza) en lo ideal en la cabeza del hombre (en las ciencias naturales); el segundo, la materialización inversa de lo ideal en un proceso de producción- se han unido en un solo ciclo que funciona continuamente.

La continuidad e infalibilidad de su funcionamiento es una condición y a la vez un índice de dominación exitosa y plena del propio curso de la RCT, el control del proceso de su despliegue, siendo decisivo el eslabón final de dicho ciclo: la introducción oportuna y completa de los logros de la ciencia y la técnica en la producción en masa.

Con este planteamiento se identifica la conocida tesis leninista: "El pensamiento de lo ideal que se convierte en lo real es *profundo:* muy importante para la historia. Pero también en la vida personal del hombre es evidente cuánta verdad hay en esto. Contra el materialismo vulgar. *NB.* La diferencia entre lo ideal y lo material es también no incondicional, no überschwenglich (no es excesivo - *Nota del autor del artículo)* "[42]. Ello está en consonancia con el conocido postulado de Marx de que las ideas que se han adueñado de las masas pasan a ser una fuerza material.

El PCUS pone en práctica en las condiciones actuales las tesis de Marx acerca del nexo entre la ciencia y la producción, entre el conocimiento general y la actividad práctico-material de la sociedad soviética. Ello quiere decir que las ideas de Marx están hoy tan vivas y vigentes como hace 100 años.

---

1 C.Marx. *El Capital*, La Habana, 1965, t.3, pág. 191.

2 Ibid., pág. 231.

3 Ibid., pág. 334 .

4 Ibid., pág. 824.

5 Ibid., t.I, pág. XXX

6 V.I.Lenin. "Cuadernos filosóficos", *Obras completas*, 2a.ed., Buenos Aires, 1972, t.42, pág. 210.

7 C.Marx. *Fundamentos de la crítica de la Economía Política. (Esbozo de 1857-1858)*, La Habana, 1971, t.I, pág. 38.

8 Ibídem.

9 C.Marx. *El Capital*, ed.cit., t.I, pág.XXXI.

10 V.I.Lenin. "Cuadernos filosóficos", *Obras completas*, ed.cit., t.42, pág. 241.

11 Ibid., pág. 327.

12 Ibid., pág. 163.

13 C.Marx. *Fundamentos de la crítica de la Economía Política. (Esbozo de 1857-1858)*, ed.cit., t.I, pág.38.

14 Ibid., pág. 39.

15 F.Engels. "Carlos Marx. Contribución a la crítica de la Economía Política". C.Marx, F.Engels. *Obras escogidas* en tres tomos, Moscú, 1976, t.I, pág. 527.

16 Ibid., pág. 528.

17 C.Marx. *El Capital*, ed.cit., t.I, pág.XXI.

18 V.I.Lenin. "Cuadernos filosóficos", *Obras completas*, ed.cit., t.42, pág. 310.

19 Ibid., págs. 328-329.

20 Ibid., pág. 329.

21 Ibídem.

22 C.Marx. *El Capital*, ed.cit., t.3, pág. 127.

23 C.Marx, F.Engels. *La Ideología Alemana*, Montevideo, 1971, pág. 469.

24 C.Marx. *El Capital*, ed.cit., t.I, pág. 325.

25 Ibid., pág. 316.

26 Ibídem.

27 C.Marx. *Manuscritos de 1844 (Economía Política y Filosofía)*, Buenos Aires, 1968, pág. 156.

28 Ibídem.

29 Ibid., pág. 157.

30 C.Marx y F.Engels. "La Ideología Alemana", *Obras escogidas* en tres tomos, Moscú, 1976, t.I, pág.12.

31 C.Marx, F.Engels. *Obras*, 2a.ed., Moscú, t.30, pág. 102 (en ruso).

32 V.I.Lenin. "Cuadernos filosóficos". *Obras completas*, ed.cit., t.42, pág. 178.

33 Ibid., pág.179.

34 Ibídem.

35 F.Engels. "Discurso ante la tumba de Marx". C.Marx, F.Engels. *Obras escogidas en tres tomos*, Moscú, 1976, t.3, pág. 172.

36 C.Marx. *Fundamentos de la crítica de la Economía Política. (Esbozo de 1857-1858)*, ed.cit., t.2, pág.36.

37 Ibid., pág. 188.

38 Ibid., pág. 194.

39 Ibid., pág. 236.

40 C.Marx. *El Capital*, ed.cit., t.I, págs.XXXI-XXXII.

41 Ibid., pág. 140.

42 V.I.Lenin. "Cuadernos filosóficos", *Obras completas*, ed.cit., t.42, pág. 113.

EINSTEIN SOBRE LA PAZ

Moiséi Márkov,
miembro efectivo
de la AC de la URSS

"El no solo fue un gran científico, fue también un gran hombre"
Bertrand Russell

A veces Einstein es comparado con los más relevantes científicos de las épocas pasadas. Pero no hay unidades de medida ni criterios capaces de evaluar la grandeza de un genio científico que rebasa los marcos de lo que aparentaba ser posible, como tampoco hay medida exacta de su grandeza puramente humana. Sin embargo, esta última faceta de Einstein se combinaba, en una fusión sorprendentemente natural, con la modestia de un hombre común y corriente.

Einstein no solo fue parte de nuestro gran pasado histórico. El fue, y sigue siendo, nuestro contemporáneo.

Mucho de lo que Einstein pensaba y decía guarda una relación directa con nuestro presente y nuestro porvenir, y no sólo con el presente y el porvenir de la ciencia, sino también de la sociedad y de toda nuestra civilización. Y aquí la cuestión cardinal consiste en una sola cosa: ¿tiene la humanidad porvenir, en general, o se aniquilará a sí misma en un futuro conflicto nuclear mundial?

La herencia científica de Einstein es tan grande que con frecuencia omitimos su nombre, a tal punto está fundida con su obra. La célebre ley, que bien traerá a la humanidad un futuro feliz o bien conducirá a su extinción ni siquiera lleva el nombre de Einstein. Nosotros simplemente nos referimos a ella como relación entre la masa y la energía. En los últimos decenios se revela a ritmo *allegro* la importancia del trabajo de Einstein en el terreno de la teoría general de la relatividad ("espacios negros", estrellas neutrónicas, etc.). Es evidente que los próximos años descubrirán muchas sorpresas en el contenido de esa

teoría. Limitados como estamos por nuestras nociones habituales y por el aparato matemático de la teoría cuántica lineal del campo, nos es todavía difícil vislumbrar las grandes innovaciones que promete el futuro desarrollo de la teoría cuántica no lineal del campo gravitacional. Es de esperar que la futura teoría cuántica de gravitación pondrá en orden nuestras representaciones sobre el Universo en evolución y las complejas leyes del micromundo,

Pero, a Einstein no solo le interesó la estructura del Universo, su pasado y futuro, o la materia compuesta de partículas elementales, donde todo ocurre conforme a las leyes objetivas de la naturaleza. No menos le interesó el Universo de los "átomos vivos": los destinos de la imperfecta sociedad humana de nuestro planeta y sus complejos problemas.

Einstein intentó penetrar en lo que sucede en el mundo, y no tanto para comprender tales o cuales vicios de la sociedad, como para tratar de hallar una "receta" contra la reincidencia de las catástrofes militares en el futuro. Esta fue, de hecho, la cuestión básica sobre la que reflexionó durante los últimos decenios de su vida.

El propio Einstein vivió dos guerras mundiales. Al hojear el libro *Einstein on Peace*[1] sorprende la enorme energía del gran científico en sus intentos para comprender y encontrar solución al problema básico: cómo ha de vivir la humanidad en paz y evitar una tercera guerra mundial.

En el período anterior a la Primera Guerra Mundial, el chovinismo se convirtió en una epidemia que afectó incluso a muchos destacados representantes del *homo sapiens*, que lo eran en el más elevado sentido de esa palabra. Tanto en la Primera como en la Segunda Guerra Mundial el chovinismo alcanzó su apogeo y la histeria belicista se apoderó de naciones enteras.

En el llamamiento internacionalista redactado por Romain Rolland (junio de 1919) y en otros documentos análogos de aquel entonces, todos firmados por Einstein, los intelectuales progresistas trataban de explicarse lo sucedido: "La guerra ha desordenado nuestras filas. La ciencia, el arte y la razón de la mayoría de los intelectuales se puso al servicio de los

gobiernos... ¡Qué sea esta experiencia por lo menos una lección para nosotros en el futuro!"[2].

¿Qué vía se debe seguir para realizar esa experiencia, previendo el peligro de que surjan guerras nuevas? Einstein encuentra la respuesta a esta pregunta en el pacifismo sin compromiso.

Cuando le preguntaron después de la Primera Guerra Mundial: "¿Qué haría Ud. si estallara otra guerra?", Einstein contestó (en la revista checa *Wahrheit*): "Yo refutaré incondicionalmente todo servicio a la guerra, directo o indirecto, y voy a persuadir a mis amigos de que adopten la misma posición"[3]. Indudablemente, ¿qué puede ser más eficiente a una situación en que los especialistas, cuya inteligencia y manos crean el arma de futuras guerras, se niegan a trabajar para la guerra? Es difícil encontrar un error en esta solución lógica del problema.

Pero la realidad hizo sus enmiendas. En Italia subió al poder el fascismo, en Alemania surgió el nazismo, dos variedades de aquel mismo chovinismo que desordenó las filas de los intelectuales internacionalistas en el pasado. En los años subsiguientes, el fascismo apresuradamente se armaba, y Einstein introdujo las enmiendas sustanciales en sus ideas pacíficas. Desde el punto de vista de la lógica formal esas enmiendas fueron tan sustanciales que algunos pacifistas comenzaron a acusar a Einstein de apostasía.

Einstein expuso su posición en los años treinta: "...Mi punto de vista no ha cambiado, pero la situación en Europa sí ha cambiado. Mientras Alemania persiste en el rearme y sistemáticamente adoctrina a sus ciudadanos en la preparación para una guerra de revancha, los Estados de Europa Occidental dependen, infortunadamente, de la capacidad defensiva propia. Y hasta quiero afirmar que, si ellos son prudentes, no deben esperar inermes que los ataquen"[4].

Pero Einstein no fue un soñador en sociología. Su intelecto penetraba con frecuencia en el quid de los problemas sociales con envidiable profundidad y con un realismo sano. Puede parecer que su propuesta sobre un "gobierno mundial" habla de la mentalidad abstracta de Einstein: fue blanco de tantas críticas que la persistencia con que Einstein la propagó da razones para estar asombrado. Sí, a lo largo de muchos años él abo-

gó por un gobierno mundial como garantía contra posibles guerras futuras. Es sorprendente que Einstein, adversario convencido de cualquier tipo de dictadura, propusiera la dictadura de un gobierno mundial. El comprendía perfectamente que este gobierno debería tener poderes dictatoriales, y preguntaba a sí mismo: "¿Tengo temor a la tiranía de un gobierno mundial? Claro que sí. Pero temo aún más una nueva guerra. Cualquier gobierno es un mal hasta cierto punto. Pero un gobierno mundial es preferible a las guerras con su mal mucho mayor, teniendo en cuenta sobre todo el creciente poder destructivo de las guerras"[5].

El comprendía claramente muchas dificultades que se interpondrían en la plasmación de la idea de un gobierno mundial, pero no veía otra alternativa para asegurar la paz en las condiciones de hoy. Lo que tenía en cuenta era una peculiar federación de Estados en la que, según él, se excluiría la injerencia del gobierno mundial en la política interior de la estructura de los Estados por separado. Einstein no analiza el problema de cómo reconciliar los posibles tipos de tiranía con la libertad de los Estados aunados por un gobierno mundial. Porque las causas de las guerras, como lo reconoce también Einstein, radican básicamente en los factores económicos: "Nosotros debemos comprender las causas económicas de las guerras. La fundamental dificultad consiste en el deseo egoísta de las gentes que ponen su provecho por encima del humanitarismo"[6].

Pero, ¿cómo es posible solucionar los problemas económicos en el seno de una comunidad de Estados tan heterogéneos? Tanto más que existe la Unión Soviética con su peculiar régimen socioeconómico.

Einstein decidió para sí mismo una vez y para siempre que "...la guerra debe ser excluida a cualquier precio, y que todas las demás consideraciones deben ser de segunda importancia"[7]. Por esta razón, el problema de la posible actitud de la Unión Soviética hacia la idea de la formación de un gobierno mundial (es decir, de la comunidad mundial de Estados que excluiría guerras) ocupa mucho espacio en los planteamientos de Einstein. El analiza detalladamente la actitud de la Unión Soviética en distintas situaciones internacionales y la actitud de otros Estados respecto

a la Unión Soviética. "Durante muchos años -escribe Einstein- nuestra prensa nos inducía al error sobre los esfuerzos y los logros del pueblo ruso y de su gobierno... Debemos subrayar particularmente el hecho de que el Gobierno ruso ha contribuido más honesta e inequívocamente a la seguridad internacional que otras grandes potencias... En pocas palabras, Rusia no puede ser acusada de deslealtad en el terreno de la política internacional"[8].

Y señala a continuación que la experiencia soviética en las relaciones con el mundo exterior nunca ha sido muy buena. Debemos recordar el apoyo que Occidente prestó a los generales antisoviéticos durante la guerra civil rusa, el largo boicot político y económico contra la Unión Soviética, la constante campaña propagandística de la prensa extranjera contra la Rusia Soviética. Más tarde los rusos se sumaron a la Sociedad de las Naciones, pero entonces ellos vieron cómo las agresiones fascistas a Manchuria, España, Abisinia fueron aceptadas y perdonadas y como fueron concertados acuerdos con los agresores. Y, en definitiva, cuando los rusos se sintieron apartados de las más cruciales decisiones europeas, en el primer período del régimen de Hitler, ellos, por razones comprensibles, cambiaron su actitud hacia los problemas internacionales.

Einstein señala que la Unión Soviética, como resultado de esa política hostil de las principales potencias de Occidente, se vio obligada a recurrir a medidas de respuesta rígidas, "mientras que, en vísperas del Pacto de Munich de Chamberlain, los rusos han trabajado en el terreno del sistema internacional de seguridad más fervorosamente que cualquier otra gran potencia"[9].

Nosotros diríamos, utilizando un lenguaje de hoy, que Einstein echó un vistazo a la historia del antisovietismo. A continuación él examina las mismas tendencias hostiles con respecto a la Unión Soviética que predominaron también en el período subsiguiente a la victoria conjunta sobre la Alemania hitleriana.

Estados Unidos llegó a tener la bomba atómica. El crimen fue cometido (Hiroshima y Nagasaki), crimen de cuyos herrores la humanidad no puede volver en sí hasta hoy día. En una entrevista que concedió al pe-

riódico *The New York Times*, en junio de 1946, Einstein declaró: "Antes del ataque a Hiroshima, los físicos de renombre instaron al Departamento de Guerra no usar la bomba contra mujeres y niños indefensos. Se podía ganar la guerra sin eso. Pero la decisión fue aceptada y la justificaban con la necesidad de tomar en consideración las posibles pérdidas de vidas norteamericanas en el futuro: y ahora nosotros debemos tomar en consideración las posibles pérdidas de *millones de vidas* (subrayado por el autor del artículo) en bombardeos atómicos futuros. La decisión norteamericana fue un error fatal, porque los hombres ya se acostumbraron a pensar que el arma usada alguna vez, puede ser usada de nuevo"[10].

La destrucción de Hiroshima (exhibición del poderío nuclear de EE.UU. y de sus pretensiones a la supremacía mundial) condujo al empeoramiento de las relaciones entre la Unión Soviética y Estados Unidos, que eran favorables en la época de Roosevelt. En diciembre de 1945, el Presidente Truman declaró con énfasis: "Querámoslo o no, pero nuestra victoria cargó sobre los norteamericanos el pesado fardo del liderazgo mundial". La frase "querámoslo o no" podría ser inequívocamente interpretada como "queremos". "No tiene sentido -subrayó Einstein- seguir enumerando todos los detalles que indican que nada fue hecho en la ONU para aminorar la desconfianza de los rusos. En realidad, hemos hecho mucho para acentuar esa desconfianza, y los sucesos de los últimos decenios sólo la hacen por completo comprensible"[11].

Los malentendidos de la incipiente "guerra fría" se podrían eliminar, en opinión de Einstein, mediante negociaciones directas entre la Unión Soviética y Estados Unidos. En el mensaje que Einstein dirigió a la Conferencia organizada en Nueva York, el 8 de junio de 1948, leemos: "...Nuestro gobierno -dos veces durante las últimas semanas- tajantemente ha rechazado la proposición soviética de entablar negociaciones directas con la esperanza de lograr algún entendimiento entre ambos países"[12].

La "guerra fría" estuvo acompañada de una carrera armamentista sin precedentes. ¿Quién fue el iniciador de esa carrera? Einstein contesta: "En la mayor medida, Estados Unidos es responsable de la ominosa com-

petición en la carrera de los armamentos, que comenzó inmediatamente después de terminar la guerra"[13].

¿Tal vez la Unión Soviética amenazaba a Norteamérica, y ésta tenía que defenderse? En enero de 1951, contestando a E.Rabinowitch,.editor del *Bulletin of the Atomic Scientists*, Einstein escribió: "Diré, sin embargo, que, en mi opinión, la presente política de Estados Unidos constituye un obstáculo más serio para la paz en el mundo que la de Rusia. Los combates tienen lugar en Corea, y no en Alaska. Rusia está expuesta a mucho mayor peligro que Estados Unidos, y todos lo saben. Me es difícil comprender por qué el pueblo acepta aquí el cuento de que nosotros estamos en peligro. Solo puedo suponer que esto se debe a la ausencia de la experiencia política. Porque el gobierno, a la vez que aplica la política dirigida, por lo visto, a la guerra preventiva, emprende el intento de aparentar que la Unión Soviética es el agresor"[14].

La entrevista de Einstein con E.Randall, celebrada en diciembre de 1951, contiene la respuesta a la afirmación sobre el éxito de la "política rígida" norteamericana (*get-tough policy*) respecto a la Unión Soviética. Al referirse a la penetración norteamericana en Grecia, al puente aéreo de Berlín y a la intervención de EE.UU. en Corea, Einstein advirtió: "...La continuación de esta política solo hará contribuir en lo sucesivo a la peligrosa división de la humanidad en dos campos hostiles. Los éxitos temporales de esa política no deben cerrarnos los ojos a este peligro. La actitud rusa me parece estar motivada más bien por razones de defensa que por consideraciones agresivas"[15].

Un análisis así de las evaluaciones que Einstein da a la política exterior soviética durante decenios, puede tal vez suscitar dudas de su imparcialidad. Alguien podría suponer, por ejemplo, que su posición fuese resultado de su simpatía especial por el régimen soviético.

En realidad, Einstein no aceptaba muchas cosas en la vida interna de la Unión Soviética -como lo demuestra convincentemente el libro en cuestión- y mostró una actitud muy crítica en algunas cuestiones. No obstante, esto no le impidió -debido a su posición objetiva en los problemas de la guerra y de la paz-

hacer una evaluación sensata de la política pacífica de la URSS y denunciar la actitud hostil y poco perspicaz que las potencias de Occidente mostraban hacia la Unión Soviética. Ningunas desconformidades con la política interior de la URSS -subrayaba Einstein- pueden justificar las acciones que los círculos gobernantes de EE.UU. y de otros países capitalistas emprenden al socaire de la histeria antisoviética y anticomunista, artificialmente impulsada.

Einstein señaló que no hay "justificación a lo que tiene lugar en Estados Unidos bajo los eslóganes: "la lucha contra el comunismo", "el peligro comunista", etc., que son utilizados aquí por los políticos reaccionarios como un pretexto que enmascara su ataque a los derechos civiles. La población estadounidense está demasiado engañada y los intelectuales, demasiado intimidados, para ser capaces de defender eficazmente sus propios derechos constitucionales"[16]. Un poco antes de eso escribió lo siguiente: "¿Hasta cuándo debemos tolerar a los políticos ávidos de poder, que tratan de generar el miedo ante el comunismo con el fin de ganar dividendos políticos? A veces parece que nuestro pueblo ha perdido su sentido del humor hasta tal punto que el proverbio francés "lo ridículo mata" ha perdido hoy su validez"[17].

Por lo que sabemos, Einstein no militó en ningún partido político. Ese "hombre de la calle", como dicen los norteamericanos, fue de verdad un gran hombre. ¿Qué es lo que propuso al mundo ese gran "hombre de la calle"? "No hay otro problema que sea tan vital como el de la confrontación entre Estados Unidos y la Unión Soviética. Si estos dos países incluso se viesen por completo aislados el uno del otro como resultado de un terremoto o de algún otro accidente similar de la naturaleza, ambos continuarían existiendo. Por eso *debe haber la posibilidad de hallar "un modus vivendi" mediante negociaciones*"[18] (subrayado por el autor del artículo).

"Modus vivendi" en el latín antiguo era equívalente del término moderno "coexistencia".

"Estoy convencido -escribió Einstein en 1948 de que Roosevelt hubiese sido capaz de conseguir un "modus vivendi" satisfactorio con Rusia, y que la presente Administración podría hacer lo mismo si lo qui-

siera sinceramente, esto es, si no lo hubiera hecho "en el estilo grosero del Presidente Truman" (de una carta a Henry Usborne).

En pleno apogeo de la Segunda Guerra Mundial (agosto de 1942), Einstein ya reflexionaba sobre un ordenamiento mundial de posguerra. Advertía sobre el peligro de remilitarización de Alemania y de Japón. En una carta a Ely Culbertson escribió: "Son pocos los que en este país tienen una comprensión clara de lo profundamente arraigada que está la mentalidad militarista de ciertas clases de Alemania y de Japón, las que identifican a sí mismas con el Estado.

"Ud. podrá comprender lo que yo tengo en cuenta cuando lea el artículo, que le envío adjunto, del eminente historiador alemán Friedrich Wilhelm Förster, quien luchó con extraordinaria energía y coraje contra la criminal política de las clases gobernantes de su país"[19].

Difícilmente alguien afirmaría que lo que Einstein dijo hace casi cuatro decenios no tiene relación alguna con el presente. La vitalidad y el surgimiento del chovinismo militarizado en algunos países constituyen, al igual que antes, un peligro grande.

Los sabios y los filósofos sí que no pueden crear un Estado ideal según el modelo de Platón, pero, por lo menos, pueden advertir a la humanidad sobre el peligro que le amenaza. El *Manifiesto* de Russell-Einstein contiene esta advertencia. Aunque este documento fue redactado principalmente por Russell, muchas de las ideas y formulaciones que expresa las podemos encontrar en los documentos escritos por Einstein.

"Tenemos que aprender a pensar de un modo nuevo; no debemos preguntarnos cuáles son los pasos que hay que emprender para alcanzar el triunfo militar del campo a que pertenecemos, por cuanto tales pasos ya no existen más, sino que debemos preguntarnos qué hacer para prevenir un conflicto armado, cuyo resultado sería catastrófico para todos los que en él intervinieran"[20].

Por primera vez en la historia se ha creado una situación en que no puede haber vencedor en una guerra. Ya siete años antes de que apareciera el *Manifiesto*, Einstein dijo en *The Fateful Decision* (1948): "El abismo entre el Este y el Occidente, que los hombres

de buena voluntad han intentado disminuir, aumenta cada día más. Resuenan voces que afirman que ninguna reconciliación es posible y que sólo otra guerra mundial puede resolver el presente conflicto. Contra esto, los científicos replicamos que ya es imposible decidir algún asunto por vía militar, porque la guerra atómica no permitirá solucionar el problema, sino causaría muertes y devastaciones sin precedentes a ambas partes"[21].

Einstein lo dijo hace treinta años. En ese período, como también lo previó el sabio, la capacidad destructiva del arma nuclear aumentó inconmensurablemente y apareció la bomba de hidrógeno. La guerra ha perdido definitivamente su antiguo sentido como continuación de la política. Pero tampoco ha adquirido algún otro sentido. El *Manifiesto* postula también: "Nosotros hablamos en esta ocasión no como representantes de tal o cual nación, continente o creencia, sino como seres humanos, miembros de la especie humana, cuya ulterior existencia está en duda"[22].

Einstein analizó escrupulosamente la política exterior de la Unión Soviética. La conclusión general a que llegó se sintetiza en estas palabras: "Yo creo que el deseo de la seguridad es el principal motivo en que se asienta el pensamiento político ruso"[23].

Más que eso, Einstein no consideraba que las diferencias ideológicas entre los sistemas sociales excluyen la posibilidad de la coexistencia pacífica entre ellos. El creía que, en grado considerable, la tensión internacional se debe a otras razones.

Las líneas finales del *Manifiesto* postulan que la coexistencia no sólo es posible, sino también necesaria: "Ante nosotros aparece un camino de continuo progreso, felicidad, conocimientos y sabiduría. ¿Acaso eligiremos, en lugar de éste, la aniquilación, por el solo hecho de no poder olvidar nuestros puntos de discordia? Como seres humanos nos dirigimos a todos: recuerden que pertenecen al género humano y olvídense de todo lo demás. Si consiguen hacerlo, se abrirá ante ustedes la vía al nuevo paraíso: en caso contrario, surgirá la amenaza del hecatombe total"[24].

Todo esto fue dicho hace más de veinte años. Pero la carrera armamentista continúa a ritmo creciente. ¿Qué le ha pasado al *homo sapiens*?

Por primera vez en la historia de la humanidad se ha puesto en evidencia con claridad meridiana que la guerra y la existencia de la humanidad se contradicen mutuamente. No obstante, los Estados, que gastan más de mil millones al día en la carrera de los armamentos, continúan -a despecho del buen sentido- deslizándose por una pendiente muy inclinada que conduce a la guerra.

¿Qué le ha pasado al *homo sapiens*?

Nada nuevo. El *homo sapiens* sigue en su calidad de maestro calificado de la máquina militar. En esencia, trabaja sobre la solución de un nada honroso problema: cómo hacer posible una guerra imposible; qué nuevos métodos de exterminio masivo pueden ser inventados para obtener una superioridad militar como cuando -en términos de ajedrez- "comienzan las piezas blancas y ganan una victoria relámpago". Pero incluso los militaristas más declarados no pueden permitirse que esa idea sea propalada en forma tan descarada. La concepción de la supremacía militar es camuflada con la idea de la "disuasión".

Pero, al igual que la imposibilidad (inadmisibilidad) de la guerra nuclear está condicionada por la capacidad específica del arma nuclear de aniquilar toda la vida en nuestro planeta, la idea de disuadir a través de la superioridad -y junto con ella, la carrera armamentista- carece de sentido como resultado de una ley específica vigente en las condiciones de hoy, que podríamos denominar convencionalmente termodinámica de la carrera armamentista. Los potenciales materiales y técnicos de las partes opuestas son tales que la más mínima desigualdad en el nivel de posesión de armas desaparece con la misma rapidez con que las diferentes temperaturas de dos cuerpos llegan a ser iguales a través del contacto.

Incluso cuando parecía que Estados Unidos se había asegurado una superioridad militar para muchos años en adelante, Einstein escribió (en 1946): "Por lo que se refiere al llamado "secreto" de la bomba atómica, supongo que Rusia será capaz de producir semejantes bombas con sus propios esfuerzos al cabo de un breve lapso"[25]. Einstein tuvo razón, como en muchos otros casos. Lamentablemente, los años transcurridos en modo alguno han simplificado el problema del cese de la

carrera armamentista. Por el contrario, la situación general se ha complicado bastante.

Si Einstein viviese, tendría que analizar la situación de hoy, marcada por la proliferación del arma nuclear y el surgimiento del "tercer mundo" con sus problemas específicos.

Sobre nuestro planeta se cierne cada día más la negra sombra del peligro de la total aniquilación. Momento como ese demandan una aspiración consciente a conseguir claridad en las relaciones internacionales. En tales circunstancias es al extremo arriesgado coquetear con el peligro militar, "jugar al Apocalipsis" como gustan decir en Occidente.

No vamos a perder la fe en un futuro mejor, porque el tiempo, las ideas y las situaciones cambian.

---

[1] *Einstein on Peace*. New York, Third printing, 1975. Los autores hicieron grandes esfuerzos para crear esta enciclopedia de la actividad pública de Einstein Aquí y en adelante se han usado fundamentalmente documentos (cartas, entrevistas) recopilados por los autores del mencionado libro. *(Nota del autor del artículo)*.

[2] Ibid., p. 30.

[3] Ibid., p. 95.

[4] Ibid., p. 230.

[5] Ibid., p. 349.

[6] Ibid., p. 260 (entrevista, agosto de 1935).

[7] Ibid., p. 395 (entrevista, noviembre de 1946).

[8] Ibid., pp. 322-323.

9 Ibid., pp. 415-416.

10 Ibid., p. 386.

11 Ibid., p. 380.

12 Ibid., p. 486.

13 Ibid., p. 487.

14 Ibid., p. 553.

15 Ibid., p. 559.

16 Ibid., p. 602.

17 Ibid., p. 601.

18 Ibid., p. 485.

19 Ibid., pp. 321-322.

20 Ibid., p. 633.

21 Ibid., p. 459.

22 Ibid., p. 632.

23 Ibid., p. 418.

24 Ibid., p. 635.

25 Ibid., p. 437.

PRIMERAS ADVERTENCIAS SOBRE EL PELIGRO NUCLEAR

Inar Mochálov,
doctor en Ciencias
Filosóficas

El peligro de omnicidio, es decir de exterminio total de la humanidad como resultado de la carrera de armamentos convencionales y sobre todo de los nucleares desatada por el imperialismo en magnitud sin parangón, adquiere carácter cada vez más real. En cambio, la conciencia de este peligro va a la zaga tanto de su escala real como de su ritmo acelerado. "Prevenir el omnicidio nuclear es la tarea más apremiante planteada ante la humanidad en nuestros días. Sin embargo, para la gran mayoría de las personas, esto aún no está muy claro. En otras palabras, muchos de los que dicen que conocen el peligro, de hecho no creen que sea real"[1].

En este orden de cosas, mostrar cómo los estudiosos más perspicaces fueron los primeros en comprender la amenaza de omnicidio nuclear y advirtieron sobre el mismo a la humanidad puede ofrecer un interés no solo histórico. Destacado papel corresponde en ello a sabios de Francia y de Rusia: Pierre Curie (1859-1906) y Vladímir Vernadski (1863-1945).

Por primera vez la hipótesis sobre la *posibilidad de principios* de que existieran en la naturaleza fuerzas desconocidas de potencia múltiples veces superiores a todas las conocidas por el hombre hasta entonces fue formulada por Vernadski en 1887 en carta a su esposa enviada desde la provincia de Smolensk, donde se hallaba comisionado por la Sociedad Económica Libre, para investigar los yacimientos de fosforitas. Vernadski escribió (el subrayado es suyo): "Las observaciones de Oersted, Ampère y Lenz dieron comienzo a la teoría del electromagnetismo, que aumentó sobremanera las fuerzas del hombre y promete cambiar totalmente su *modo* de vida en el futuro. Todo ello surgió al observar las propiedades del hierro magnético... Y me asalta la duda de si otros minerales tienen tales pro-

piedades... y, en caso afirmativo, ¿no nos revelará ello *fuerzas* nuevas, no nos brindará la posibilidad de nuevas aplicaciones y no decuplicará la fuerza de los hombres?... La tierra, que es considerada como imán, difícilmente se puede enfocarla así; en ella se ven ciertas propiedades particulares confusas, pero bien, bien perceptibles; si es así, ¿no se dispondrán respecto de ella de manera adecuada, pero no así como el hierro o el hierro magnético, otros cuerpos? Y si se disponen, ¿no nos brindará ello la posibilidad de descubrir en ellos nuevas propiedades, nuevas fuerzas, ocultas al hombre?... ¿Se puede provocar fuerzas *ignoradas*, *terribles*, en diferentes cuerpos...?"[2].

En el fragmento citado se aprecia la idea de Vernadski de que se necesita no solo, primero, "descubrir" las fuerzas naturales desconocidas, sino también "provocarlas", es decir, *extraerlas* prácticamente de la naturaleza; segundo, dichas fuerzas son capaces no solo de "decuplicar" el poderío del hombre y ampliar "las posibilidades de nuevas aplicaciones", sino también de aparecer realmente ante los hombres en una forma *repulsiva*, *atemorizadora:* como fuerzas "terri--bles".

Claro está, no todo eso puede relacionarse directamente con la energía intraatómica, descubierta casi 10 años después. Sin embargo, lo que asombra no es lo que no fue (ni podía ser) dicho, sino otra cosa: lo que fue dicho, incluso hasta demasiado. En la biografía personal de Vernadski, ello desempeñó un papel nada desdeñable: estaba capacitado psicológicamente para percibir los nuevos descubrimientos que hicieron época.

Contribuyó a lo mismo que Vernadski conoció los trabajos de Henri Becquerel y Pierre Curie en la investigación de fenómenos radiactivos mucho antes de que estos fenómenos fueran descubiertos y comenzaran a ser estudiados por los sabios franceses. En 1886 y 1887, Vernadski estudia los trabajos de Becquerel sobre absorción de la luz por cristales y desde 1888, las indagaciones cristalográficas de Curie. Durante su primer viaje al extranjero, Vernadski conoció a Curie. En "El polimorfismo como propiedad general de la materia", conferencia dictada en la Universidad de Moscú

en setiembre de 1890, Vernadski se apoyó en las ideas de Curie en cristalografía. Valoraba muy altamente a Curie como cristalógrafo y físico. Ello se refiere, en particular, a la idea de la simetría y la disimetría, manifestaciones de estados cualitativamente distintos, del espacio de los cuerpos materiales, idea enunciada por Curie poco antes de morir. Vernadski desarrolló esta idea a lo largo de muchos años en una serie de trabajos. "Al trasladar -escribía Vernadski- el concepto de simetría de la cristalografía a la física, Curie amplió, de una parte, la doctrina de la simetría, y de la otra, planteó la disimetría de Pasteur como un *fenómeno general* de enorme trascendencia. El descubrimiento de la radiactividad por Becquerel y del radio por María Curie distrajo su pensamiento y su tiempo a otra parte por varios años... Poco antes de la muerte, Curie volvió nuevamente al examen de los fenómenos de la simetría y en su diario se destaca la admirable frase alusiva a que encontró nuevas generalizaciones de primordial importancia en la doctrina de la simetría. Como vemos ahora, no es una acotación casual"[3].

En 1896 y años subsiguientes, con los trabajos principalmente de Becquerel, los esposos Curie, Rutherford y otros investigadores se establecieron los fundamentos de la teoría de la radiactividad. Este proceso está estudiado al presente en forma bastante detallada.

Durante todo ese período, Vernadski siguió muy de cerca las investigaciones de los fenómenos de radiactividad por científicos franceses y otros sabios extranjeros, se encuentra con algunos de ellos durante sus regulares viajes al exterior. Eso se refleja en sus trabajos, diarios, cartas, agendas y anotaciones. Lo que le ayuda a valorar en plena medida la trascendencia de los relevantes logros alcanzados en este ámbito es que los enfoca no solo como naturalista contemporáneo de sus colegas extranjeros, sino también como maduro *historiador de la ciencia*, que evalúa los resultados obtenidos tanto en el plano de la historia pasada, como -lo que no es menos importante- en el plano de la perspectiva relativamente lejana.

Vernadski fue uno de los primeros en indagar, literalmente de inmediato, la historia y la prehistoria de la teoría de la radiactividad, en estimar su papel en

la creación del moderno cuadro científico del mundo[4]. "Los efectos del descubrimiento de Becquerel -escribía Vernadski- interesaron a toda la humanidad, todo su pensamiento filosófico y toda su concepción científica del mundo"[5].

A la par con Becquerel y M.Curie, en los orígenes de la revolución científica contemporánea -recalcaba Vernadski- asistió Pierre Curie. "Es uno de los primeros en explicar con este fenómeno fundamental de la naturaleza, el primero que formuló la concepción fundamental de la trascendencia general de los fenómenos de la radiactividad. Unicamente la difícil situación material de su trabajo no le permitió desarrollar hasta al fin y fundamentar experimentalmente las ideas básicas... Curie en realidad se llevó consigo nuevos grandes logros, de los que nosotros ahora podemos únicamente hacer conjeturas". Sus trabajos figuran entre los que "cambian la cosmovisión de la humanidad"[6].

Dichos cambios introducidos por los trabajos de Curie en la cosmovisión de la humanidad los refería Vernadski no solo al cuadro científico natural del mundo, sino también a su cuadro histórico social, *humanístico*. En esa manera de abarcar universalmente cuadros del mundo cualitativamente distintos, no reducibles por entero uno al otro, estribaron, en su opinión, la grandeza y la emperecedera trascendencia de la proeza científica de Curie. En este sentido humanístico, tuvieron importancia decisiva los estudios emprendidos por Curie de los efectos biológicos de las emisiones radiactivas.

Por descontado, y Vernadski estaba bien enterado de ello, Curie no estaba solo. La influencia biológica de la radiactividad comenzó a estudiarse de manera intensa en el filo de los siglos XIX-XX en varios países (Alemania, Francia, Rusia). Las propiedades curativas de las radiaciones se demostraron en el tratamiento de enfermedades cutáneas (lupus) y de algunos tumores cancerosos (superficiales). Surgió la radioterapia o curieterapia, como solía llamársela.

Mas a la par -o, mejor dicho, aún antes-, se habían dejado sentir los efectos negativos ("terribles", para decirlo con palabras de Vernadski) de las radiaciones. Recibieron dolorosas quemaduras Becquerel y los esposos Curie. Al montarse experimentos, a efectos de la

radiación perecían los animales (conejillos de Indias, ranas).

Involuntariamente surge en los investigadores pioneros una actitud emocional dual -positiva a la vez que negativa- hacia la fuente que estudian.

Pero, más allá de esas emociones, era lógicamente necesario sacar *conclusiones* inevitables e indiscutibles de los fenómenos conocidos que, en aspectos sustanciales, ilustraran de modo esencialmente nuevo el cuadro científico humanitario del futuro. Becquerel no se decide a hacerlo -en todo caso, no se decide hacerlo en público- aunque, es indudable, reflexiona sobre estas cuestiones y, por lo visto, las discute en el círculo de colegas y amigos (del cual forma parte el matrimonio Curie).

En su discurso al recibir el Premio Nobel, en diciembre de 1903 (recordemos que el Premio Nobel de Física fue adjudicado conjuntamente a Becquerel y a los esposos Curie), al examinar la acción fisiológica de los rayos de radio Becquerel pone acusado acento en el carácter *negativo* de su impacto sobre los organismos vivos. Las radiaciones -destacaba Becquerel- actúan sobre la epidermis y afectan profundamente la piel. En un comienzo la acción no produce ninguna sensación y su efecto se desarrolla solo varias semanas después: se forman heridas más o menos profundas, que para cerrar requieren a veces varios meses dejando cicatrices. En la actualidad se intenta utilizar esta acción en el tratamiento del lupus y el cáncer. Los rayos de radio afectan intensamente los centros nerviosos y pueden provocar la parálisis y la muerte; por lo visto, actúan con una intensidad particular sobre los tejidos vivientes en vías de evolución [7].

El discurso de Pierre Curie al recibir el Premio Nobel (junio de 1905, es decir, un año y medio después de la conferencia de Becquerel) se distingue en este sentido por un carácter más equilibrado. Los efectos positivos y negativos del influjo fisiológico de las radiaciones los expone relativamente equilibrados. Numerosos problemas -destaca el sabio- quedan pendientes; juicios sobre los mismos han de emitirse en el futuro. Pero ese futuro comienza ya hoy y por lo tanto la observancia de ciertas reglas de seguridad al trabajar con radio es deseable y necesaria.

"En las *ciencias biológicas* -decía Curie-, los rayos de radio y sus emanaciones producen efectos interesantes, que son estudiados actualmente. Los rayos de radio han sido utilizados en el tratamiento de ciertas enfermedades (lupus, cáncer, enfermedades nerviosas). En algunos casos, su acción puede resultar riesgosa. Si se olvida por unas horas en el bolsillo, en una cajita de madera o de cartón, una pequeña ampolla de vidrio conteniendo unos centígramos de sal de radio, no se sentirá absolutamente nada. Pero 15 días después aparecerá sobre la piel un rubor y luego una herida muy difícil de curar. Una acción más prolongada puede provocar la parálisis y la muerte. Hace falta guardar el radio en un grueso estuche de plomo"[8].

En este punto surge ante nosotros un curioso enigma psicológico. De una parte, parecería que la referida interpretación relativamente "no equilibrada" que da Becquerel a los impactos de los rayos de radio sobre los organismos vivos (acentuando sus efectos negativos) *debía* lógicamente haberle llevado directamente al examen del cuadro humanitario del mundo e impulsarle a advertir sobre los peligros que amenazan el futuro de la humanidad. Por otro lado, la caracterización más "equilibrada" por Curie de estos mismos impactos de la radiación sobre los seres vivientes, al parecer, le *libraba* lógicamente de la tan rigurosa necesidad de emprender semejante "incursión" en el futuro.

En cambio, Curie, sin vacilar, irrumpe resueltamente en el cuadro científico humanitario del futuro. Advierte clara e inequívocamente sobre las posibles calamidades que amenazan a la humanidad, a raíz de un empleo criminal de los nuevos descubrimientos científicos con fines militares. En ello estriba su imperecedero mérito ante las generaciones que viven hoy y las futuras.

Al terminar la referida conferencia, Curie expresó: "Es fácil comprender, pues, que en manos criminales el radio puede devenir muy peligroso, por lo que surge el interrogante: ¿saldrá ganando la humanidad al conocer los arcanos de la naturaleza y ha madurado lo suficiente como para poder usarlos, o este conocimiento redundará en su perjuicio? El ejemplo de los descubrimientos de Nobel son característicos en este sentido: los potentes explosivos han permitido a los hombres realizar trabajos admirables, pero a la vez los mismos se

han converitdo en terrible medio de destrucción en manos de grandes criminales que empujan a los pueblos hacia la guerra. Yo soy de los que piensan con Nobel que la humanidad obtendrá más beneficios que perjuicios de los descubrimientos nuevos"[9].

Para decirlo con palabras de Vernadski, Curie mira el radio al mismo tiempo "con esperanza y con recelo"[10], es decir, también en este caso se manifiesta el mismo enfoque de relativo equilibrio.

No se exagera al decir que las palabras finales de la conferencia de Pierre Curie -fallecido trágicamente poco después-, también devinieron para la familia de Curie -María Sklodowska-Curie (la esposa de Pierre), Irène Joliot-Curie (la hija de Pierre y María) y Federico Joliot-Curie (su yerno) un imperativo moral de toda su actividad científica y social posterior y constituyeron al mismo tiempo la base del programa de la obra de sus vidas.

María Curie compartía plenamente los criterios de su marido, formulados en la conferencia por el Premio Nobel. "Estas palabras -escribió I.Joliot-Curie-, que nos parecen hoy asombrosamente lúcidas, pero también optimistas, traducen igualmente el pensamiento de María Curie, porque la atribuía tal importancia que las puso como epígrafe para una breve biografía escrita por ella sobre Pierre Curie"[11]. Al igual que su marido, M.Curie confiaba en que la humanidad sacaría de los rayos de radio más provecho que daño.

De un modesto sabio ajeno a la política (Pierre Curie) a un activo participante del movimiento de la Resistencia, comunista convencido y líder del Movimiento Mundial de Partidarios de la Paz (Federico Joliot-Curie): tal es el camino que recorrió esta asombrosa familia.

En la vida de Vernadski, en su iniciación directa, teórica y práctica, en los problemas de la radiactividad fueron decisivos los años 1907-1910. Desde 1907, Vernadski aborda con sus discípulos el estudio sistemático de los minerales radiactivos en Rusia, y posteriormente, el estudio de los fenómenos de la radiactividad. Entonces va estructurando gradualmente sus contactos creadores con varios sabios extranjeros, incluida María Curie.

En agosto de 1908, Vernadski participó en el congre-

so de la Asociación Británica para el Progreso de la Ciencia, celebrado en Dublin. Presentó un brillante informe J.Jolly, profesor de física y mineralogía de la Universidad de Dublin, quien desarrollaba, en particular, la idea de P.Curie sobre la desintegración radiactiva como patrón de tiempo geológico. Esa intervención produjo enorme impresión a Vernadski, por lo cual, estudiando posteriormente los fundamentos de la radiogeología, al igual que Jolly consulta reiteradamente el ideario de Curie.

Ese mismo año se edita en Francia un tomo de trabajos de Curie, que permitió a Vernadski apreciar una vez más en todo su valor la importancia que el ideario de este sabio genial tenía para el presente y el futuro. "Pierre Curie -escribía Vernadski- se distinguía por una meditación extraordinariamente larga y por la concisión de sus trabajos científicos. Antes de escribir, meditaba hasta el fin los resultados de sus trabajos y los formulaba en forma extraordinariamente sucinta... Sus obras completas, escritas en sus 47 años de vida, constan de un solo tomo"[12].

En diciembre de 1910, Vernadski rinde a la Asamblea General de la Academia de Ciencias el informe programático "La tarea actual en el dominio del radio", donde fundamenta la necesidad de organizar el amplio estudio de los yacimientos de minerales radiactivos en el territorio de nuestro país. Este discurso expone la idea de que Rusia puede y debe autoabastecerse de materias primas radiactivas. Mas esta idea no es la única. Dicho discurso fue resultado de prolongadas meditaciones del sabio sobre los fundamentales problemas filosóficos, científico-históricos e histórico-sociales, que habían arrobado su pensamiento y sus sentimientos en relación con el problema del radio. En dicho discurso pone muy de relieve el vínculo connotativo, semántico y psicológico y la identificación con la conferencia de Pierre Curie en ocasión de obtener el Nobel.

El problema del radio es enlazado del modo más íntimo por Vernadski en un contexto social y conceptual omnicomprensivo, global. Mas, apelando al futuro, Vernadski no manifiesta aún la alarma que expresara en forma tan declarada Curie en su discurso. Claro está, que esa preocupación la comparte también Vernadski, pero en forma atenuada. El sabio todavía duda, vacila, y

-lo principal- *aguarda* a ver cómo evolucionan los acontecimientos en el futuro.

"Se han abierto ante nosotros -enfatizaba Vernadski- fuentes de energía que por su fuerza e importancia empalidecen la fuerza del vapor, la fuerza de la electricidad y la fuerza de los procesos químicos explosivos. Nosotros, hijos del siglo XIX, nos hemos acostumbrado a cada paso con la fuerza del vapor y de la electricidad, sabemos lo mucho que han cambiado y cambian toda la estructura social de las sociedades humanas; es más, lo mucho que modifican el ambiente doméstico más detallado en que se desenvuelve el individuo y abarcan los hábitos y las costumbres de la más lenta evolución: los hábitos y las costumbres que persisten sin modificación durante períodos históricos enteros. Y ahora se nos abren en los fenómenos de la radiactividad las fuentes de energía atómica que superan millones de veces todas las fuentes de fuerza que ha barruntado la imaginación humana.

... Instintivamente dirigimos nuestras miradas con vehemencia y expectación hacia la nueva fuerza que se presenta ante la conciencia humana. ¿Qué nos promete en su desarrollo venidero?

... Los cuadros del futuro van pasando ante nosotros solo desde lejos. Al hacer su aparición nuevas fuerzas, el pensamiento humano siempre invoca a ellas ante todo para librarse de los sufrimientos y las enfermedades. También en el dominio del radio buscamos nuevas fuerzas para defendernos y luchar contra los infortunios que nos aquejan. Nos fijamos en el nuevo defensor y aliado con esperanza a la vez que con recelo"[13].

En enero de 1911, Vernadski viaja por varios días a París, donde se encuentra con María Curie, conoce el trabajo del Instituto del Radio, que ella dirige, discute cuestiones relacionadas con la confección del mapa de minerales radiactivos de la corteza terrestre. Vernadski encontró en María Curie una actitud de simpatía hacia sus iniciativas. El apoyo prestado por la mundialmente famosa científica tuvo para él señalada importancia. Pasado cierto tiempo, ella escribió que pensaba como Vernadski que el estudio de los minerales radiactivos podría brindar a la ciencia un beneficio sustancial y que estaba dispuesta a ayudar al desarrollo de dichos estudios[14].

En un artículo publicado poco después de visitar los Institutos del Radio de París y Viena, Vernadski destacó: "El radio es una nueva fuente de energía; actúa de un modo poderoso y aún poco claro para nosotros sobre el organismo, produciendo en nuestro derredor y en nosotros mismos ciertos cambios incomprensibles y sorprendentes por sus resultados. Se ha comenzado a buscar en el radio un instrumento para combatir a enemigos de la vida y la felicidad humana, para combatir las numerosas enfermedades que se resisten a los esfuerzos seculares del pensamiento humano.

... Un extraño sentimiento experimenta uno al ver estas nuevas formas de la materia extraídas por el genio humano de las entrañas de la Tierra.

Son los primeros granitos de la fuerza del futuro.

¿Qué será cuando comencemos a obtenerlos en cualquier cantidad? Pero, ¿cómo extraerlos?

El objetivo está claro. La de alcanzarlo es tarea del presente y el futuro. Y la humanidad encontrará para ello los medios que hagan falta y los hombres que hagan falta"[15].

Desde 1912, por iniciativa de Vernadski y bajo su dirección, se organiza, adjunta a la Academia de Ciencias, la Expedición de Radio, de funcionamiento permanente, en la que se concentra toda la labor radiológica expedicionaria de la Academia.

En 1913, Vernadski publica en la prensa periódica y presenta en reuniones científicas artículos, notas, informes y entrevistas consagrados a los problemas de la radiactividad, la búsqueda de minerales radiactivos, las propiedades curativas del radio, etc. Prosigue intensamente la actividad expedicionaria.

Año 1914. Estalló la guerra mundial. Llega la hora de evaluar, en cierta medida de reconsiderar el uso presente y futuro de los logros científicos (también de la radiactividad) en el campo militar. Vernadski lo hace de la manera que le es propia: realista, sensata, objetiva y a la vez sagaz, mirando muy adelante. Dolor, amargura, enojo, pesar, ira... No es fácil agotar el "espectro" de su actitud hacia la guerra imperialista. Desde lejos -para decirlo con sus propias palabras- van pasando ante él los cuadros del futuro. *Y por vez primera -en ligazón indisoluble con los descubrimientos científicos más novedosos y sus aplicaciones téc-*

nico-militares- advierte Vernadski a la humanidad sobre la terrible amenaza de autoexterminio que se cierne sobre ella.

"En esta guerra -escribe- vemos más que nunca que la técnica científica se usa para resolver problemas de carácter militar. La naturaleza impasible del conocimiento exacto se pone de relieve en su aporte a la destrucción bélica. Lo nuevo que se ha aportado a esta guerra reside no solo en las particularidades de la organización, que ha permitido poner en movimiento ejércitos incalculables, jamás vistos antes, sino también en el empleo inaudito de los conocimientos científicos. La guerra en el aire contra los aeroplanos, los zeppelines y los hidroplanos, las nuevas armas de artillería de fuerza y precisión inauditas, los variados empleos de las ondas eléctricas o de la corriente eléctrica y los nuevos explosivos perpetran aquí por vez primera su nefasta acción. Indudablemente -a pesar de las consecuencias sangrientas, llenas de sufrimientos- todo impulsa la creación científica y encauza las fuerzas y el pensamiento de los investigadores a nuevos ámbitos de búsqueda científica. Y al mismo tiempo no se puede negar que, al comparar los resultados obtenidos con el desarrollo de la actividad destructora militar que se prevé, como posible, a un investigador científico, podemos constar que nos encontramos aún en el comienzo de los logros científicos alcanzables y aplicables al arte militar. Las fuerzas naturales con las que ya ahora trata el pensamiento científico no se detendrá, sino que seguirá adelante hasta el fin, apenas comienzan a manifestarse en esta guerra y prometen en el futuro calamidades aún mayores si no son limitadas por las fuerzas del espíritu humano y por una organización social más perfecta.

... El desarrollo científico no detendrá la guerra, que es corolario de diversas causas, inaccesibles a la influencia de los científicos. No cabe hacerse ilusiones. La guerra hoy desatada no será la última: impulsará la obra humana para el perfeccionamiento progresivo en este sentido.Y puesto que dicha obra coincide con la época del esplendor del conocimiento exacto,inaudito en la historia de la humanidad, y del ascenso siempre creciente de la audacia científica, de la conciencia de fuerza y de la fe en que es alcanzable lo casi im-

posible, hay que creer que la esfera de aplicación del conocimiento exacto al arte militar se irá ampliando en los años inmediatos a la guerra, y la nueva guerra tendrá unas armas y unos métodos de destrucción tales que dejarán por detrás las penalidades de la vida militar de los años 1914-1915"[16]. Resumiendo: es imprescindible "no conducir a la humanidad al autoexterminio, ...poner coto a las guerras futuras"[17].

Pasaron varios años, llenos de acontecimientos revolucionarios, de trascendental importancia. En otoño de 1921, cuando regresa de Crimea a Petrogrado, Vernadski acomete la realización de su antiguo proyecto: la organización en Rusia del Instituto del Radio, cuya misión fundamental la ve en el dominio práctico de la energía atómica. Desde el 1 de enero de 1922, el Instituto comenzó a funcionar en la Academia de Ciencias como institución científica independiente. Vernadski fue nombrado director del Instituto.

Al igual que antes, en 1910 -en el informe "La tarea actual en el dominio del radio"- y en 1915 -en el artículo "La guerra y el progreso de la ciencia", Vernadski advierte sobre las posibles consecuencias destructoras para la humanidad que implica el dominio de la energía atómica, pero esta vez subraya con gran fuerza y asombrosa sagacidad la enorme responsabilidad moral y social que recae sobre los científicos. Expone en detalle esta cuestión en febrero de 1922, en el brillante discurso pronunciado en la reunión del Consejo del Instituto.

"El científico -expresó, en particular, Vernadski- no es una máquina ni un soldado del ejército, quien ejecuta las órdenes sin reflexionar ni comprender a qué conducen dichas órdenes y para qué se dictan dichas órdenes... Para trabajar en la energía atómica, es necesario tener conciencia de la responsabilidad por lo encontrado. Yo quisiera que en un trabajo científico, al parecer tan distante de los elementos espirituales de la personalidad humana como es el problema de los átomos, se tenga conciencia de este elemento moral"[18].

De esta forma lógica, sintetizando tanto la experiencia precedente del progreso científico y de sus aplicaciones técnicas (en el arte militar inclusive), como su propia experiencia de sabio y ciudadano, llegó Vernadski a formular de lleno, por fin, en términos con-

cisos las conclusiones principales de sus alentadoras a la vez que alarmantes cavilaciones sobre el futuro... El 11 de febrero de 1922, escribió en el prefacio para sus *Ensayos y discursos*:

"Nos acercamos a una gran revolución en la vida de la humanidad, con la que no pueden compararse todas las que ha vivido antes. No está lejano el tiempo en que el hombre recibirá en sus manos la energía atómica: una fuente de fuerza que le dará la posibilidad de construir su vida como se le antoje. Esto puede suceder en los próximos años o puede suceder dentro de cien años. Pero está claro que ello ha de ocurrir.

¿Podrá el hombre aprovecharse de esta fuerza, orientarla para el bien y no para la autodestrucción?

¿Ha crecido él lo suficiente como para saber utilizar la fuerza que inevitablemente ha de darle la ciencia?

Los estudiosos no deben cerrar los ojos a las posibles consecuencias de su labor científica y del progreso científico. Deben sentirse responsables por todas las consecuencias que implican sus descubrimientos. Deben ligar su labor a una mejor organización de la humanidad.

El pensamiento y la atención deben estar dirigidos a estos problemas. Y no hay en el mundo nada más fuerte que el pensamiento científico libre"[19].

No cuesta trabajo convencerse de que entre este enunciado de Vernadski, de una parte, y la respectiva advertencia de Pierre Curie, en 1905, así como las del propio Vernadski en 1910 y 1915, de otra, existe profunda continuidad ideológica. Al mismo tiempo, en este enunciado se manifiestan varios aspectos *nuevos por principio*. Entre ellos es necesario destacar ante todo: 1) el peligro de *autoexterminio* de la humanidad *se vincula por vez primera* en forma inequívoca con el empleo destructivo de la *energía atómica*; 2) se subraya la inevitabilidad del dominio de esta nueva fuerza, inaudita por su potencia, y, por ende, el *carácter real* del surgimiento del peligro de autoexterminio; 3) se proclama en la forma más terminante la *responsabilidad* de los científicos por *todas* las consecuencias de sus descubrimientos; 4) también *por primera vez*, esta responsabilidad de los científicos se vincula de manera tan directa con su participación en la

lucha por el *progreso social* y una mejor organización de la sociedad humana; 5) por último, se recalca la *inmensa significación* de los problemas planteados y la necesidad de centrar en ellos el pensamiento y la atención de los medios científicos.

De lo anterior se hace comprensible por qué esa advertencia sobre la amenaza de un omnicidio nuclear con razón es considerada clásica en el presente. El propio tiempo ha centuplicado su "peso", y en nuestros días suena inconmensurablemente más actual que hace 62 años.

En los tiempos subsiguientes, los vínculos creadores y amistosos de Vernadski con la familia Curie no se interrumpen. En 1924 y 1925, durante su estancia en París con fines científicos, lleva a cabo investigaciones en el Instituto del Radio "Pierre Curie", dirigido por María Curie. En setiembre de 1932, vuelve a visitar dicho Instituto, donde, además de M.Curie, se encuentra con Federico e Irène Joliot-Curie. No está descartado que durante dichos encuentros se discutieran también los efectos del empleo de la energía atómica con fines militares, que inquietaban a los sabios.

Desde 1939, después del famoso descubrimiento por O.Hahn y F.Strassmann de la fisión de los núcleos del uranio mediante el bombardeo con neutrones, que se producía con desprendimiento de grandes cantidades de energía, el pensamiento y la actividad científica organizadora de Vernadski se concentran en los problemas del uso pacífico de la energía del núcleo atómico. "Yo considero -escribía Vernadski- que los descubrimientos hechos últimamente abren ante la humanidad una enorme perspectiva: la de utilizar la energía intraatómica, que por su intensidad y capacidad deja muy atrás el vapor y la electricidad"[20].

La formación de la noosfera -estimaba Vernadski- guarda la más íntima relación con la prospección de nuevas fuentes de energía. Y aquí en ayuda del hombre acude en primer término la energía del núcleo atómico. El dominio de la misma fue calificado por Vernadski de "paso colosal en la creación de la noosfera"[21].

Varios meses después de la muerte de Vernadski los estadounidenses descargaron la bomba atómica contra Hiroshima y Nagasaki. En relación con lo dicho más arriba se puede imaginar cómo se habría conmovido e indignado Vernadski ante ese acto de barbarie.

Pese a todo, Vernadski miraba el futuro con optimismo. En los años 30 y 40, llega a la convicción de que se acerca la época en que la guerra ha de desaparecer de la vida de la sociedad: en fin de cuentas, la voluntad razonable y las masas populares, cuya significación en el proceso histórico crece en forma sostenida y que son las que más sufren a causa de las guerras, triunfarán y las harán imposibles. "Es evidente -recalcaba Vernadski- que en la noosfera no debe haber guerras como asesinatos en masa y deben ser creados otros métodos de solución de los contenciosos, que más se compadezcan con la razón"[22]. En nuestros días, las proféticas previsiones y advertencias de Pierre Curie y Vladímir Vernadski son válidas como nunca.

El uso de los medios de guerra nucleares, capaces de alcanzar cualquier punto en nuestro planeta, conducirá inevitablemente a la hecatombe mundial, si la humanidad carece de razón y voluntad suficientes para desistir del empleo del arma nuclear, reducir y luego liquidar los arsenales de todos sus tipos, observando la seguridad igual, para pasar del sistema de solución de los contenciosos entre los Estados mediante la guerra y optar por la negociación y la cooperación, la única solución digna de quienes se dicen *homo sapiens*[23].

---

1 Véase "Hablan los científicos. El omnicidio nuclear amenaza a la civilización", *Revista Internacional*, 1981, Nº 6, pág. 73.

2 V.I.Vernadski. "Carta a N.E.Vernadskaya" (2.VII. 1887)", Archivo de la AC de la URSS, fondo 518, inventario 7, expediente 34, hojas 34-35 (en ruso).

3 V.I.Vernadski. "Pensamiento científico como fenómeno planetario (1938)", *Reflexiones de un naturalista*, Libro 2, Moscú, 1977, págs. 148-149.

4 V.I.Vernadski. "La tarea actual en el dominio del radio". Discurso pronunciado en la Asamblea General de la Academia de Ciencias (29.XII.1910), *Ensayos y discursos*, Petrogrado, 1922, fasc. 1 (en ruso).

5 V.I.Vernadski. "Pensamiento científico como fenómeno planetario", *Ob.cit.*, pág. 60.

6 Ibid., págs. 148-149.

7 Véase H.Becquerel. "Sur une propriété nouvelle de la matière, la radio-activité", *Les Prix Nobel en 1903-1904*, Stockholm, 1906, p. 11.

8 P.Curie. "Conférence Nobel", *Les Prix Nobel en 1903--1904*, ed.cit., p. 6.

9 Ibid., pp. 6-7.

10 V.I.Vernadski. "La tarea actual en el dominio del radio"..., *Ob.cit.*, pág. 37.

11 *La Pensée*, 1954, Nº 58, p. 29.

12 V.I.Vernadski. *Estructura química de la biosfera de la Tierra y su entorno (1944)*, Moscú, 1965, pág. 160.

13 V.I.Vernadski. "La tarea actual en el dominio del radio"..., *Ob.cit.*, págs. 36-37.

14 Véase M.Curie. "Carta a V.I.Vernadski (30.I.1911)", Archivo de la AC de la URSS, fondo 518, inventario 3, expediente 144, hoja 1.

15 V.I.Vernadski. "Los Institutos del Radio (1915)", *Ensayos y discursos*, ed.cit., fasc.1, págs.46, 52.

16 V.I.Vernadski. "La guerra y el progreso de la ciencia", *Ensayos y discursos*, ed.cit.; págs. 131-132.

17 Ibid., págs. 133, 134.

18 V.I.Vernadski. "Borrador del discurso pronunciado en la apertura de la primera sesión pública del Consejo del Instituto del Radio de la Academia de Ciencias Rusa", Archivo de la AC de la URSS, fondo 518, inventario 2, espediente, 4, hojas 318, 319.

19 V.I.Vernadski. "Prefacio", *Ensayos y discursos*, ed.cit., pág. 11.

20 V.I.Vernadski. "Carta a I.M.Grevs (2.VII.1940), Archivo de la AC de la URSS, fondo 518, inventario 3, expediente 562, hoja 1.

21 V.I.Vernadski. "Carta a B.L.Lichkov (7.VII.1940)", *Correspondencia de V.I.Vernadski con B.L.Lichkov. 1940-1944*. Moscú, 1980, pág. 29. Véase también el artículo de I.Kuznetsov "La doctrina de V.Vernadski sobre la noosfera", *Ciencias Sociales*,1975, Nº 4.

22 V.I.Vernadski. "Ideas de un naturalista sobre la organización del Trabajo Científico Eslavo en el marco de la ciencia mundial (10.VII.1942)", Archivo de la AC de la URSS, fondo 518, inventario 1, expediente 220B, hoja 7.

23 Véase A.P.Alexandrov. "La science, la paix, la coopération", *La Paix et le désarmement. Etudes scientifiques. 1982*, Moscú, 1982, p. 13.

EL PROBLEMA DEL MECANICISMO Y DEL QUIMISMO EN LOS TRATADOS DE MENDELEEV

Yuri Soloviov,
doctor en Ciencias
Químicas

Entre los problemas histórico-científicos globales, el del mecanicismo en las ciencias naturales de los siglos XVIII-XIX ocupa uno de los primeros lugares. Es la clave para comprender la obra de muchos estudiosos.

Dmitri Mendeléev expresó su actitud hacia dicho problema en estos términos: "El concepto mecánico de la Naturaleza... proviene del principio fundamental de las ciencias naturales: el de expresar y supeditar a los principios mecánicos todo -desde el movimiento del Sol y de las estrellas hasta la estructura de los organismos-, porque desde tiempos de Galileo y de Newton tal fue la principal aspiración de los estudiosos de la Naturaleza"[1].

Hay una curiosa acotación de Mendeléev para su monografía *Estudio de las disoluciones acuosas según el peso específico* (1887), la cual permite comprender las ideas del sabio sobre la subordinación de las ciencias en el proceso de su desarrollo histórico. Escribió: "...la esencia de las doctrinas astronómicas, físicas y químicas se expresa en los conceptos de índole mecánica, porque en virtud de lo sencillo de los principios y lo evidente de los fenómenos, la mecánica se ha desarrollado antes que otras ramas experimentales del saber. La astronomía es mayor que la física y la química, de ahí que nuestras nociones sobre los átomos y las partículas no sean sino una perífrasis de las nociones astronómicas sobre los astros, los soles, los planetas, los satélites y los cometas. En la ciencia, igual que en la vida, reina una rigurosa sucesión histórica del movimiento"[2].

En las copiosas publicaciones consagradas al análisis de la actividad científica de D.Mendeléev, el problema del mecanicismo y del quimismo no se ha tra-

tado aún en suficiente medida[3]. Para comprender cómo se enfocó dicho problema en los tratados de D.Mendeléev, hay que recordar la situación en la química hacia finales de los años 50 del siglo XIX, precisamente cuando el sabio emprendiera el camino de las investigaciones científicas independientes.

A la sazón, las fuerzas fundamentales de los químicos estaban dirigidas al estudio de la química orgánica. La síntesis de nuevos compuestos, el descubrimiento de nuevas reacciones y la creación de nuevos criterios teóricos, es decir, todo lo que era característico para el desarrollo de la química orgánica en 1830-1860 polarizaba la atención general. Parecería que al joven científico no le quedaba otra opción que la de seguir el cauce principal de la actividad científica de los químicos. Empero D.Mendeléev no siguió esa vía. Desde el comienzo de su actividad científica comprendió bien que la química orgánica no conducía en aquel entonces a conocer las cuestiones esenciales relacionadas con el estudio de las causas de las transformaciones químicas. "El brillo de los descubrimientos netamente químicos (Mendeléev se refería a los éxitos de la química orgánica. *-Nota del autor del artículo*) hizo que la química moderna fuera una ciencia muy especial, desvinculándola de la física y la mecánica, pero, indudablemente debe llegar una época en que la afinidad química se considerará como fenómeno mecánico... He elegido como mi especialidad los problemas cuya resolución pueda acercar esa época"[4].

Así es como manifestó D.Mendeléev su disposición a incorporarse a la búsqueda de solución de uno de los problemas fundamentales de la química, el de las causas de las interacciones químicas. ¿Qué ideas originales podían ayudar al sabio a resolver este complicadísimo problema? Sabemos que en ese período (la frontera entre los años 50 y 60 del siglo XIX) el descubrimiento del fenómeno de sustitución había comprometido el prestigio de la teoría electroquímica de la afinidad química, en la que subyacía la idea de la oposición polar de las fuerzas de las sustancias interactuantes. Correcta en lo fundamental, la teoría electroquímica "tropezó" en poca cosa. No pudo expli-

car por qué la sustitución de un átomo electropositivo por otro electronegativo no alteraba las propiedades ni la estructura del compuesto orgánico. Cuando Mendeléev abordó las investigaciones físico-químicas, la teoría electroquímica se daba ya por etapa pasada. Su posición negativa hacia dicha teoría la expresó Mendeléev en reiteradas ocasiones. Pero la química como ciencia no podía desarrollarse exitosamente sin una concepción teórica de las causas de la interacción química. Por ello no es casual que en 1850-1860 el pensamiento científico volviera a consultar los tratados de Newton y sus ideas sobre las causas y las fuerzas que actúan entre los macro y los microcuerpos.

El cuadro concreto de la materia discreta, creado por la mecánica celeste, sirvió en el siglo XIX de modelo para el diseño físico del micromundo. La analogía con la mecánica celeste parecía ser tan evidente y tan eficiente que era difícil resistir el deseo de hacer extensivas las leyes del mundo macroscópico al mundo de los átomos y las moléculas. La seguridad de la universalidad absoluta de los postulados y conceptos fundamentales de la macromecánica sirvió como garantía de que, al pasar a los microfenómenos, a la dinámica de los átomos y las moléculas, todos esos postulados y conceptos conservarían su vigencia.

El modelo mecanicista de descripción de la naturaleza sirvió para químicos, físicos y biólogos del siglo XIX como ideal de la explicación científica en todos los ámbitos del saber, cualquiera fuese la vía por la que dichos conocimientos se obtuviesen. Por lo tanto a muchos sabios del siglo XIX les parecía posible y real crear la mecánica de las "partículas insensibles" aplicando las leyes mecánicas del movimiento de los cuerpos visibles.

El famoso tratado de Helmholtz *Sobre la conservación de la fuerza* (1847) afianzó aún más la explicación mecánica del mundo. Demostró gráficamente lo fructífero de aplicar a la física y a otras ciencias el principio de la mecánica[5]. La teoría mecánica del calor también hizo su gran aporte al respaldo de los conceptos mecanicistas.

En cuanto a la influencia de la teoría mecánica del calor en la química, Alejandro Bútlerov escribió: "No puedo compartir la convicción de que el concepto

de compuesto químico ha avanzado poco desde los tiempos de la teoría electroquímica. Por el contrario, ha cambiado en los rasgos más sustanciales, ha cambiado gracias, por excelencia, al desarrollo no de la propia química, sino de la teoría mecánica del calor: al desarrollo del concepto de energía en general"[6].

Para Mendeléev, en la química y la física se aplicaron no pocos esfuerzos para formular la teoría mecánica del calor y desarrollar la mecánica molecular de los cuerpos líquidos y sólidos, a partir de las cuales debía surgir la mecánica química autónoma de las partículas materiales de la sustancia y de sus cambios interiores (atómicos). "Lo mismo que los éxitos de la química en tiempo de Lavoisier -escribió Mendeléev- se reflejaron beneficiosamente en todas las ciencias naturales, se ha de creer que la mecánica química autónoma arrojará nueva luz sobre toda la mecánica molecular, la cual se debe considerar como cometido fundamental de la ciencia exacta moderna"[7].

A la misma posición se atenía Bútlerov, quien escribió, en su famoso manual *Introducción al estudio integral de la química orgánica* (Kazán, 1864), sobre la "supeditación de todas las deducciones de ambas ciencias (la química y la física. -*Nota del autor del artículo*) a las leyes fundamentales de la mecánica" y sobre la "reducción de los fenómenos químicos a las causas mecánicas"[8].

El designio superior de Mendeléev residía en restructurar la química descriptiva en una ciencia físico-química, basada en el concepto fundamental de masa de la materia, la doctrina atómica y la idea del dinamismo. La idea original era: si a partir de la doctrina sobre la masa se pudo construir la mecánica celeste, también se puede en química, a partir de la doctrina sobre la masa (el peso atómico), construir la mecánica química. Por tanto, en química debe aparecer su Newton, quien encontrará en la estructura química de la sustancia las leyes fundamentales de la mecánica de los movimientos invisibles de la materia de modo más simple y más rápido que en los fenómenos físicos (eléctricos, térmicos, luminosos).

El convencimiento de Mendeléev de que el estudio de los fenómenos térmicos (la termoquímica) y de los fenómenos eléctricos (la electroquímica) no conduciría

a comprender la naturaleza de la afinidad química, se basaba en que un fenómeno poco conocido era explicado por otro fenómeno tan vago como el primero. Los nuevos conocimientos obtenidos en la electroquímica, la termoquímica y la fotoquímica no gozaban entonces de gran prestigio. A la sazón no podían pretender sustituir la concepción mecanicista, la cual reinó en forma incompartida en las ciencias naturales del siglo XIX. La esperanza de Mendeléev de que el "venidero Newton" construyera en química un armónico edificio de la mecánica química descansaba, pues, en un cimiento sólido. Mendeléev decía que el terreno para un Newton en química recién se iba abonando y que el mundo invisible de los átomos químicos todavía esperaba al creador de la mecánica química.

Como "campeón de la universalidad de los principios newtonianos" que era, Mendeléev se empeñó en reunir y estudiar multitud de datos químicos para "acercar la época de la mecánica química genuina".

En el prefacio para la séptima edición de *Fundamentos de la química* (1903), Mendeléev expresó su esperanza y su sueño de iluminar "el mundo invisible de los átomos químicos" con los principios newtonianos en los siguientes términos: "...En su desarrollo, la misma (la química. *-Nota del autor del artículo*), con sus peculiares principios, debe ocupar su lugar al lado de la mecánica: para la concepción posible de los arcanos de la Naturaleza. Pero aquí hacen falta aún sus Newton clarividentes. Y yo no quisiera dudar ni de que su época está cerca, ni de que entre ellos habrá nombres de químicos rusos"[9].

Estas palabras pertenecen a un sabio que, evidentemente, soñó con llegar a ser él mismo un "Newton" de la química. Pero las investigaciones y los descubrimientos del propio Mendeléev y de otros químicos, dedicados al estudio profundo del quimismo de los fenómenos, iban deshaciendo gradual, pero inexorablemente la ilusión de supeditar "las doctrinas químicas a la disciplina creada en *Principia* de Newton"[10].

Examinemos más detalladamente cómo se resolvía en el vasto programa de investigaciones físico-químicas de Mendeléev el problema del mecanicismo y el quimismo en su interrelación y contraposición.

El programa de estudios sobre mecánica química (mo-

lecular) fue formulado por Mendeléev a finales de los años 50 del siglo XIX.

En su tesis *Volúmenes específicos* (1856), D.Mendeléev enunció por primera vez la idea que en adelante presidiría muchos de sus trabajos. El entonces aún muy joven científico (tenía 22 años) escribía que el estudio de los volúmenes específicos conduciría a conocer la distancia entre las partículas... lo que prometía un futuro prolijo y una gran importancia a estas dos magnitudes, porque llegaría, indudablemente, una época, predicha ya por Newton y Buffon, en que muchos procesos químicos estarían supeditados a las leyes de la mecánica y en que el peso y la distancia entre las partículas que entran en acción química serían los datos más importantes.

Seguro de que la solución de las cuestiones relativas a la naturaleza de la afinidad química y a las causas de las reacciones químicas no puede ser lograda sin conocer las magnitudes de la adhesión molecular, Mendeléev aborda en 1859-1860 el estudio de dichas cuestiones, esperando relacionar estrechamente la química con la física y la mecánica.

En 1860 Mendeléev escribió: "El objeto principal de mis estudios es la química física. Ya Newton estaba convencido de que la causa de las reacciones químicas estriba en la simple atracción entre moléculas, que condiciona la adhesión, y que es similar a los fenómenos de la mecánica"[11].

Pero ya en la etapa inicial de los estudios se puso en claro que no era idóneo identificar la afinidad química con la gravitación universal. La diferencia sustancial residía en que la gravitación solo dependía de la masa y de la distancia y no de la calidad de la materia, de la que depende mucho la afinidad química. El análisis profundo del problema de la afinidad química condujo a Mendeléev a concluir que, aunque las leyes generales de la mecánica celeste pueden servir de punto de partida para la mecánica química y si bien la mecánica molecular es, hasta cierto grado, "un remedo de la mecánica celeste", no obstante, "nada convence de la similitud completa de ambos mundos, si bien a la mente tal noción le parece ser la más probable"[12].

A mediados de los años 60 del siglo pasado, Mende-

léev pasa del estudio de los líquidos al estudio de las disoluciones: un objeto importantísimo tanto en lo teórico como en lo práctico, en el que se podía conciliar la estática química con la dinámica química.

El primer "Postulado" para la defensa de la tesis doctoral de D.Mendeléev "Sobre la combinación del alcohol con el agua" (1865) decía: "Para desarrollar la teoría mecánica de los fenómenos químicos, es necesario ante todo estudiar los compuestos químicos indefinidos, la influencia de las masas y los fenómenos que acompañan a las reacciones químicas"[13].

Las investigaciones realizadas en este sentido condujeron al estudioso a desarrollar la teoría química de las disoluciones,cuyo principal postulado es la idea de la interacción del solvente y la sustancia disuelta. Mendeléev decía que se podía concordar las disoluciones con la teoría atomística, si se introducía los conceptos de asociación y de disociación, los cuales determinan la naturaleza de las disoluciones.

Según Mendeléev, "...en el medio de la disolución debe tener lugar la asociación de partículas heterogéneas, que cambian, se combinan y se desintegran químicamente, que ora forman sistemas los cuales se mueven de manera concordada, como el Sol con sus planetas y sus satélites, ora que salen de la esfera de atracción y se mueven como unidades cometiformes entre los sistemas..."[14].

Vemos que también en este caso Mendeléev recurrió a la analogía con la mecánica celeste. Pero el largo estudio de la naturaleza de las disoluciones convencía al sabio de que en ellas se manifestaba un complicado conjunto de interacciones físico-químicas, las cuales eran totalmente imposibles de supeditar a las leyes mecánicas.

Simultáneamente con los estudios de los estados gaseoso y líquido de la materia, Mendeléev investigó también el estado sólido de la materia y, ante todo, las formas de combinación de los elementos químicos.

La doctrina de los elementos químicos como pequeños ladrillos fundamentales del Universo y la noción sobre la masa de la sustancia como característica fundamental de la materia, noción orgánicamente vinculada con dicha doctrina, había devenido a finales de los años 60 del siglo pasado en la vertiente rectora de

la actividad científica de Mendeléev, quien había asimilado profundamente y aplicaba consecuentemente en sus trabajos el principio clásico de Newton relativo a la proporcionalidad de la masa al peso.

El concepto masa como propiedad cardinal de las partículas de la materia y las mediciones de peso cuantitativas, basadas en dicho postulado, revolucionaron los conceptos teóricos de la química del siglo XVIII y condujeron a demostrar experimentalmente la ley de conservación de la materia en las reacciones químicas. Por esta vía, la química llegó a formular la doctrina de los elementos químicos y la atomística química. "...El concepto elementos químicos -señalaba Mendeléev- guarda la más estrecha relación con las universalmente adoptadas doctrinas de Galileo y Newton sobre la masa y la ponderabilidad de la materia..."[15].

John Dalton, apoyándose en las ideas de Newton, introdujo en 1803 el concepto de peso atómico como propiedad fundamental de los elementos químicos y de sus átomos. También partió Dalton de las ideas de Newton a la hora de resolver el problema de las causas de la interacción de las partículas. Enfocaba la interacción química y la interacción de las partículas durante la condensación de los gases en cuerpos líquidos y sólidos como manifestación de las fuerzas de la gravitación universal.

A comienzos del siglo XIX, Claudio Berthollet, recogiendo las concepciones mecánicas de Isaac Newton, fundamentó en química los postulados capitales acerca de que las reacciones químicas transcurren en función de la masa química de los reaccionantes y de su fuerza de afinidad, análoga a las fuerzas de atracción de las masas en mecánica.

"...Desde tiempos de Lavoisier, Dalton y Avogadro-Gerhardt, la química -según dijera Mendeléev- ha obtenido los derechos supremos de ciudadanía en el concierto de las ciencias naturales y, situando la masa (peso) de la materia en el vértice de todas sus generalizaciones, ha seguido a Galileo y Newton"[16]. También el sabio ruso D.Mendeléev siguió a Galileo y Newton.

En 1869, en el primer volumen de *Zhurnal Russkogo jimicheskogo óbschestva* (Revista de la Sociedad Quí-

mica Rusa) se publicó el artículo de D.I.Mendeléev "Relación de las propiedades con el peso atómico de los elementos". Fijémonos en algunas explicaciones que da el autor de la ley periódica. Evocando la historia, dice: "El método con que Gerhardt y Cannizzaro determinaran los pesos atómicos de los elementos se basa en unos procedimientos tan inamovibles e indudables, que para la mayoría de los cuerpos, muy especialmente para los cuerpos simples cuya capacidad calorífica en estado libre queda ya determinada, no cabe duda del peso atómico del elemento, como lo era hace varios años, cuando el peso atómico se confundía tan a menudo con el equivalente y se determinaba a partir de principios heterogéneos, con frecuencia contrapuestos. Es por esta razón que me propuse fundar un sistema asentado en la magnitud del peso atómico de los elementos"[17]. Al ubicar el postulado fundamental de que "la magnitud del peso atómico determina la naturaleza de los elementos", Mendeléev "inscribe" la ley periódica en el cauce general del desarrollo de la doctrina atómico-molecular, en el derrotero general del desarrollo de las ideas newtonianas sobre la masa. Estima que la ley descubierta por él no contraría la orientación general de las ciencias naturales. Esta idea apareció como *leitmotiv* en los trabajos posteriores de Mendeléev relativos a la ley periódica. El artículo "Sistema natural de elementos y su aplicación para definir las propiedades de los elementos no descubiertos"(1870) lo concluye Mendeléev: "...nos acercaremos a la intelección de lo esencial de la diferencia entre los elementos y entonces, claro está, la química estará ya en condiciones de dejar el campo hipotético de los conceptos estáticos dominantes hoy, apareciendo entonces la posibilidad de supeditarla a una orientación dinámica..."[18].

Al cabo de un año, en 1871, en el artículo "Legitimidad periódica de los elementos químicos", Mendeléev escribe: "La comparación de los elementos según su peso atómico puede además proyectar los datos químicos respecto a los mismos al ámbito de los conocimientos mecánicos..."[19].

Mendeléev aclaraba que "el sentido de la ley periódica reside en la combinación de las leyes mecánicas

y filosóficas, lo que constituye una particularidad característica y el mérito del progreso actual de las ciencias exactas. Por esta ley se proclama claramente que la naturaleza de los elementos depende ante todo de su masa y que esta dependencia se considera periódica"[20].

El ideal de la explicación newtoniana del mecanismo de los fenómenos universales -desde la rotación de los astros fijos hasta los desplazamientos de los átomos químicos- Mendeléev lo hizo extensivo también al terreno de la química orgánica.

Se sabe que la teoría estructural en química orgánica no satisfacía a Mendeléev. En la portada de la *Introducción al estudio integral de la química orgánica*, que A.Bútlerov le envió, Mendeléev expresó: "El objeto de la química no es solo el cuerpo ni solo el espacio, sino también el fenómeno en el tiempo". Muchos años después diría: "La doctrina estructural no habrá de perder nada, a excepción del punto de vista original estático, cuando se incline hacia los principios dinámicos de Newton..."[21].

Mendeléev esperaba que si se lograba conciliar la doctrina estructural con la dinámica de Newton "alcanzaríamos en química la unidad de criterios que hoy falta y que debe proporcionar muchos nuevos adeptos dentro de la brillante y apasionante esfera del conocimiento de aquel mundo invisible y móvil de las relaciones de los átomos en cuyo estudio se ha invertido en los últimos 25 años tanto trabajo y tanta inventiva"[22].

El 2 de diciembre de 1882, Mendeléev presentó en la reunión de la Sociedad Química Rusa la ponencia "Sobre la aplicabilidad de la tercera ley de Newton a la explicación mecánica de las sustituciones químicas". De la tercera ley de Newton dedujo Mendeléev el "principio de sustitución", según el cual las dos partes cualesquiera de los átomos, que forman una partícula, son equivalentes y pueden sustituirse entre sí en otras partículas.

"Hacía mucho ya -escribió Mendeléev en 1889- que mi mente acariciaba la idea de aplicar directamente el tercer principio del inmortal Newton a la concepción del mecanismo de las sustituciones químicas..."[23].

En la quinta edición de *Fundamentos de la química*

(1889), Mendeléev escribió: "La ley de la sustitución puede ser deducida de los principios mecánicos, si se acepta el concepto de partícula (molécula -*Nota del autor del artículo*) como sistema de átomos elementales que se hallan en cierto equilibrio químico y mecánico. Al comparar la partícula a un sistema de cuerpos en movimiento, por ejemplo, al conjunto del Sol, los planetas y los satélites, que están en equilibrio móvil, debemos esperar que en ese sistema la acción de una parte es igual a la reacción de otra, según se colige de la 3-a ley mecánica de Newton"[24].

A mediados de mayo de 1889, Mendeléev llegó a Inglaterra, a la patria de Newton y Dalton, para dictar en el Real Instituto la conferencia "Un intento de aplicar a la química uno de los principios de la filosofía natural de Newton". Dicho trabajo, que Mendeléev catalogó entre sus obras más importantes, se reeditó varias veces en inglés. Había llegado para decir que el programa trazado por Newton en *Principios matemáticos de la filosofía natural* -el de "deducir de los principios de la mecánica también los demás fenómenos de la naturaleza"- estaba por concluir en química. Según los conceptos de Mendeléev, el cuadro mecánico del mundo, creado por los trabajos de Copérnico, Galileo y Newton, había dejado de ser una concepción filosófica naturalista general de los siglos XVI-XVIII para convertirse en el siglo XIX en un cuadro científico del mundo basado en la doctrina atómico-molecular y el concepto fundamental de masa.

La doctrina del peso atómico ligó con lazos indisolubles la idea de Newton respecto a la masa con la teoría atomística de Dalton. Esta teoria, afianzada en la ciencia por los tratados de Avogadro, Berzelius, Gerhardt y Cannizzaro, encontró una brillante plasmación en la ley periódica, en la que la masa aparecía como argumento en la expresión funcional de dicha ley.

Pero, en momentos en que los conceptos mecanicistas parecían alcanzar la mayor veracidad y en que dicho sistema de criterios se inscribía adecuadamente en el cuadro general del mundo creado por Newton, aparecieron las "nubes de tormenta". En gran medida, la "tormenta" fue gestada por el propio Mendeléev. El estudio de la naturaleza de los elementos químicos

promovía necesariamente a primer plano su individualidad. Si, para la mecánica, la materia es un sistema de puntos ponderables en equilibrio móvil, "para la química, es un mundo animado por infinita variedad de individualidades tanto en los mismos elementos como en sus combinaciones"[25]. Justamente por ello "no se puede lograr el punto máximo en el conocimiento de la naturaleza" apoyándose tan solo en los conceptos mecánicos. Tras revelar la individualidad de los elementos, expresada en sus combinaciones y en las transformaciones químicas, Mendeléev trató de resolver el problema cardinal de por qué la periodicidad altera la dependencia funcional simple entre las propiedades físico-químicas de los elementos y su masa.

En este sentido merece gran atención el excelente informe de Mendeléev titulado "Legitimidad periódica de los elementos químicos", leído el 23 de mayo de 1889 en una reunión de la Sociedad Química de Londres (London Chemical Society) y en el que resonaron de manera impresionante las ideas opuestas a las tradiciones newtonianas.

Citaremos algunos extractos de dicho informe: "La expresión de los fenómenos siempre ha resultado ser proporcional a la masa, sin que haya habido una sola vez en que con el incremento de la masa haya comenzado, dentro de cierto período, la repetición de las propiedades, como ha resultado serlo en la ley periódica de los elementos químicos. Ello ha constituido tal novedad en el estudio de los fenómenos de la naturaleza que, aunque no ha tocado el velo que oculta de nosotros el verdadero concepto de masa, sí ha señalado que la solución del concepto de masa en general se ha de buscar en la masa de los átomos, tanto más que toda masa no es sino la suma o la adición de aquellos átomos químicos que mejor sería llamar "individuos químicos"[26].

"...En los átomos -según dijera Mendeléev- se descubre al mismo tiempo tanto la peculiaridad de las individualidades, como la repetibilidad infinita de los individuos..."[27].

La individualidad en la manifestación de la afinidad química de las sustancias interactuantes "se determina por las fuerzas propias de sus partes ínfimas, es decir, por los movimientos en que se hallan los

átomos de los elementos: dentro de las partículas y las propias partículas formadoras de la materia"[28].

En estas palabras, llenas de profundo sentido, se encierran las causas de la individualidad de los elementos químicos. Pero tal planteamiento del problema entraba en manifiesta contradicción con las nociones mecanicistas de los elementos, incubándose así un profundo conflicto de los criterios químicos con los conceptos mecanicistas.

Cuanto más a fondo se estudiaba el mecanismo de las transformaciones químicas, tanto más evidente se hacía que en la "mecánica interior" de los átomos, de la que con esperanza escribiera Mendeléev, había el material explosivo que voló el puente el cual unía la mecánica clásica con el complicado mundo de los fenómenos químicos. Las investigaciones de Mendeléev demostraron gráficamente, una vez más, que los fenómenos químicos no pueden ser reducidos a las leyes de la mecánica.

Los datos obtenidos al estudiar las velocidades de las reacciones químicas y su dependencia del medio y de la masa de los reaccionantes condujeron a Mendeléev a la conclusión de que "el concepto de velocidad tiene en química un sentido totalmente distinto al que tiene en mecánica. Lo común en ellas es únicamente el tiempo"[29].

La idea de que los fenómenos químicos no son reducibles a los principios mecanicistas fue expresada en forma gráfica por Mendeléev en el Prefacio para la *Historia de la Química*, de Meyer. "La química -escribía Mendeléev- ha desarrollado y continúa desarrollando su propio horizonte particular, que va paralelo al netamente mecánico y promete completarlo, si bien hasta la fecha muchos desean aún supeditar toda la química a los conceptos netamente mecánicos. Pero si las ciencias de los organismos conducen a comprender las particularidades individuales y las ciencias de contenido físico y mecánico procuran eliminar totalmente dicho concepto de individualismo, la química, ya con su doctrina sobre la independencia de los elementos químicos, ocupa, evidentemente, una posición intermedia, que justifica el interés que ella ofrece para el pensamiento filosófico"[30].

Las revolucionarias ideas enunciadas por Mendeléev

en "Conferencia faradayana" no obtuvieron ni podían obtener un impulso posterior, pues en los años 90 del siglo XIX no había llegado aún la hora para la fundamentación física de la ley periódica.

Si analizamos los tratados de Mendeléev correspondientes a 1889-1907, veremos que, a despecho de las conclusiones formuladas en "Conferencia faradayana", el sabio siguió afirmando enérgicamente las tradiciones newtonianas en la química. Si bien Mendeléev entendía que no se puede alcanzar el "punto máximo" en el conocimiento de la Naturaleza apoyándose tan solo en las ideas mecanicistas, seguía siendo, con todo, fiel a los legados del realismo de Newton y Lavoisier.

En la explicación netamente mecánica del complejo mundo de las transformaciones químicas, Mendeléev no encontraba, por lo visto, plena satisfacción, pero no podía trascender el marco de la ideología científica dominante, pues no había a la sazón una metodología científica opcional. En ello radicaba el cúmulo de contradicciones. Reconociendo que la química, por principio, no podía reducirse a la mecánica, Mendeléev al mismo tiempo veía en la mecánica un modelo de construcción de la química, penetrada del "espíritu de las doctrinas físico-mecánicas". En *Fundamentos de la química* encontramos numerosos antecedentes que ponen de relieve la especificidad cualitativa de la química, y, al mismo tiempo, apreciamos la idea conductora de que a la doctrina de los elementos y los átomos la subyacen los conceptos químico-mecanicistas.

Mendeléev siguió convencido de que la individualidad de los elementos está supeditada "a un principio general, superior, que se manifiesta en la gravitación y en la suma de la mayoría de los fenómenos físico-mecanicistas"[31]. El sabio recalcaba que la sola individualidad no proporciona comprensión ni posesión, aunque aumenta el conocimiento y que el conocimiento, ni siquiera el vasto, no constituye el principio vital de las ciencias, sino solo el material de las mismas y que su espíritu es vivificado por la intelección de lo general.

Guiándose por esas ideas, Mendeléev no podía ni quería romper el vínculo entre la doctrina de la ley periódica y la doctrina de Newton, creador de los conceptos gravitación y masa. Romper dicho vínculo signi-

ficaba destruir los fundamentos clásicos de la filosofía natural.

Los sucesos que se desplegaron en la física en los años 90 amenazaban destruir la armonía de las nociones mecanicistas de la materia y sus propiedades fundamentales. Nos referimos ante todo al descubrimiento de la radiactividad, hecho en 1896, el cual quebrantó fuertemente el principio de la invariabilidad del peso atómico, es decir, de la base sobre la cual descansaba la doctrina de la periodicidad. En contraste con tan alarmantes descubrimientos, se reforzó en Mendeléev el deseo de volver a demostrar su solidaridad con los "inconmovibles" principios de Newton.

La seguridad de lo justo de los ideales de la ciencia clásica impedía a Mendeléev reconocer y valorar los nuevos descubrimientos revolucionarios en la física. No atribuyó gran importancia a la aparición de nuevos "protagonistas", que en el filo de los siglos XIX y XX interpretaron la grandiosa función iónico-electrónica. Pero el sabio comprendía que "los viejos dioses han sido rechazados; se buscan otros nuevos". "...y el reconocimiento de la desintegración de los átomos en "electrones" -según consideraba Mendeléev- "...no hace más que complicar el asunto en vez de aclararlo..."[32].

En una etapa determinada del desarrollo de la ciencia, el conservadurismo del pensamiento científico desempeña, evidentemente, un papel positivo. En cierta medida salva a la ciencia de las vacilaciones bruscas, del lanzarse de una hipótesis nueva a otra. Pero cuando, a raíz de nuevos descubrimientos fundamentales, se opera un cambio cardinal en el viejo cuadro del mundo, el conservadurismo del pensamiento científico se convierte en un freno.

A comienzos del siglo XX, la química abrazó ya firmemente las concepciones electrónicas. Solo quedaba dar un paso de la doctrina sobre la estructura compleja del átomo a la explicación física de la esencia de la ley periódica.

Por entonces, Mendeléev escribe uno de sus últimos trabajos, *Un intento de concepción química del éter mundial.*

Es curioso que, al igual que Newton, a fines del siglo XVII, inscribe en el cuadro del Universo -aparte

de la materia, el vacío y la fuerza- también el éter (una sustancia y un medio extraordinariamente finos y activos), así mismo Mendeléev trata, a comienzos del siglo XX, de inscribir el "éter mundial" como elemento químico muy ligero en el sistema de elementos. Pero ese intento había de ser el canto del cisne del punto de vista químico-mecánico de los elementos.

Así, el análisis del problema del mecanicismo y el quimismo en los tratados de Mendeléev permite comprender más a fondo no solo la especificidad de la obra de un sabio aislado, sino también el rasgo característico -mecanicista- del desarrollo de las ciencias naturales del siglo XIX.

Tal vez jamás el ideal de la mecánica había inspirado así a los químicos como ocurrió en los años 1860-1880. Los químicos no dejaban de estar dominados por el sentimiento de que las teorías creadas y las leyes descubiertas por ellos no eran sino estudios liminares, partes de la futura teoría mecanicista omnímoda de la estructura y el movimiento de la materia.

En 1879, Bútlerov dijo, en su informe "Significado actual de la teoría de la estructura química": "Cuando conozcamos más de cerca la naturaleza de la energía química, el propio género del movimiento atómico, cuando las leyes de la mecánica encuentren aplicación también aquí, la doctrina sobre la estructura química caerá, al igual que han caído las teorías químicas anteriores, pero, lo mismo que la mayoría de dichas teorías, no caerá para desaparecer, sino para formar parte, en una manera modificada, del abanico de criterios nuevos, más amplios"[33].

De estas palabras, sin embargo, no hay que sacar la apresurada conclusión de que los químicos, al hablar de la introducción en la química de los principios análogos a los de la mecánica, deseaban sacrificar la individualidad de la ciencia química. Es más, cuanto más a fondo estudiaban el mecanismo del quimismo, tanto más se alejaban de la mecánica, afirmando los principios inherentes solo a la química.

El derrumbe del cuadro mecanicista del mundo y la sustitución del mismo, en el filo de los siglos XIX-XX, por el cuadro electromagnético del mundo no afectó las

teorías químicas clásicas, las cuales resultaron ser más fundamentales y más ricas en su descripción del quimismo de la Naturaleza que la concepción mecanicista, la cual, por largo tiempo, había servido para ellas de ejemplo de perfección. Es curioso que, incluso cuando fue creada la mecánica cuántica (el "venidero Newton" llegó con los físicos de los años 20 de nuestro siglo), las teorías clásicas de la química seguían sirviendo exitosamente a los químicos.

Así, el ensueño de Mendeléev de construir la mecánica química, similar a la mecánica celeste, no se concretó, pero la doctrina de la periodicidad, que él formuló, quedará vigente por siglos.

---

[1] D.I.Mendeléev. *Obras*, t. 4, *Disoluciones*, Leningrado, ONTI, Jimteoret, 1937, pág. 326 (en ruso).

[2] D.I.Mendeléev. *Disoluciones (Clásicos de la ciencia)*, Moscú, 1959, pág. 389 (en ruso).

[3] S.I.Vavílov. "La física en la obra científica de D.I.Mendeléev". Informe en el VII Congreso Mendeleeviano, el 8 de febrero de 1934, *Voprosi historii, estestvoznania y téjniki*, Moscú, 1969, fasc. 4 (29), págs. 110-116; T.I.Rainov. "Newton y las ciencias naturales rusas", *Isaac Newton*, Moscú-Leningrado, 1943, págs. 329-344 (en ruso).

[4] M.N.Mladéntsev, V.E.Tíschenko. *Dmitri Ivánovich Mendeléev. Su vida y obra*, Moscú-Leningrado, 1938, pág. 226 (en ruso).

[5] Véase H.Helmholtz. *Uber die Erhaltung der Kraft*, Leipzig, 1907.

[6] A.M.Bútlerov. *Obras*, Moscú, 1953, t. I, pág. 372 (en ruso).

[7] D.I.Mendelév. *Fundamentos de la química*, 5a. ed., San-Petersburgo, 1889, pág. 23 (en ruso).

8 A.M.Bútlerov. *Obras*, ed. cit., t. 2, págs. 75, 483.

9 D.I.Mendeléev. *Obras*, Leningrado-Moscú, 1954, t. 24, pág. 40 (en ruso).

10 D.I.Mendeléev. *Ley periódica (Clásicos de la ciencia)*, Moscú, 1958, pág. 534 (en ruso).

11 M.N.Mladéntsev,V.E.Tíschenko. *Dmitri Ivánovich Mendeléev. Su vida y obra*, ed. cit., pág. 226.

12 D.I.Mendeléev. *Fundamentos de la química*, ed.cit., pág. 23.

13 D.I.Mendeléev. *Obras*, t. 4, *Disoluciones*, ed.cit., pág. 151.

14 D.I.Mendeléev. *Disoluciones (Clásicos de la ciencia)*, ed. cit., págs. 699-700.

15 D.I.Mendeléev. *Ley periódica...*, ed. cit., pág. 424.

16 Ibid., págs. 475.

17 Ibid., págs. 17-18.

18 Ibid., pág. 101.

19 Ibid., págs. 104-105.

20 Ibid., pág. 392.

21 Ibid., pág. 552.

22 Ibídem.

23 D.I.Mendeléev. *Ley periódica. Materiales complementarios (Clásicos de la ciencia)*, Moscú, 1960, pág. 428 (en ruso).

24 D.I.Mendeléev. *Fundamentos de la química*, ed.cit., pág. 195.

25 D.I.Mendeléev. *Fundamentos de la química*, 13a.ed., Moscú-Leningrado, 1947, t. I, pág. 15 (en ruso).

26 D.I.Mendeléev. *Ley periódica...*, ed. cit., pág. 215.

27 Ibid., pág. 218.

28 D.I.Mendeléev. *Ley periódica...*, ed. cit., pág. 130.

29 D.I.Mendeléev. *Fundamentos de la química*, 6a.ed., San-Petersburgo, 1895, pág. 650 (en ruso).

30 E.Meyer. *Historia de la química: desde la antigüedad hasta nuestros días*, San-Petersburgo, 1899, págs. VII-VIII (en ruso).

31 D.I.Mendeléev. *Fundamentos de la química*, 13a.ed., Moscú-Leningrado, 1947, t.2, pág. 90.

32 D.I.Mendeléev. *Ley periódica. Materiales complementarios*, ed. cit., págs. 400-401.

33 A.M.Bútlerov. *Obras*, ed. cit., t. I, pág. 383.

GENESIS DEL PROGRAMA DE INVESTIGACION DE IVAN PAVLOV

Mijaíl Yaroshevski,
doctor en Ciencias
Psicológicas

Es poco probable que la historia de las ciencias naturales haya registrado un discurso que por la síntesis del pensamiento científico pueda parangonarse con el de Iván Pávlov en el Congreso Internacional de Medicina en Madrid en 1903. En 40 minutos Pávlov expuso el programa que encauzaba las actividades de muchos científicos durante el siglo. Las ideas del programa no solo revolucionaron la neurofisiología y la psicología. Pasaron a ser componente infaltable de la cultura contemporánea. Aún continúan encendidos debates filosóficos en torno a esas ideas. Señalemos, en particular, el libro *Yo y su cerebro* en el cual Karl Popper, uno de los más caracterizados filósofos burgueses contemporáneos, abre una polémica con Iván Pávlov como si este fuera un oponente todavía vivo[1].

Abordaron el estudio de las obras de Pávlov investigadores integrantes del "colegio invisible", centro donde nacía la cibernética. El nombre de Pávlov figura hasta ahora entre los autores más citados en las publicaciones científicas mundiales.

No muchas concepciones han tenido vida tan extensa. La premisa fue el programa "genético" de la doctrina de Pávlov expuesto por primera vez en el foro de Madrid. Muchos planteamientos de ese programa fueron "cifrados". Este, al formarse en el entronque de dos siglos, sintetizaba los adelantos del pensamiento biológico del siglo XIX y contenía el prospecto de todo lo que en las ciencias sobre la conducta glorificó el siglo XX. ¿Qué determinó, en fin, su fuerza e "insumergibilidad" en el Leteo?

Ante todo, porque permaneció fiel a la realidad. Esta le permitió descubrir una clase especial de fenómenos unidos por la expresión "reflejo condicionado", fenómenos tan reales como la circulación de la sangre, el me-

tabolismo y otras funciones, al levantar un poco el velo que encubría el más complejo de los mecanismos creados por la naturaleza, el de la conducta.

El reflejo condicionado, como todo descubrimiento de gran magnitud, se hizo realidad científica gracias a la integración de lo empírico y lo teórico en el trabajo del intelecto investigador. El discurso de Madrid comenzaba así: "Considerando que el más elocuente lenguaje es el de los hechos, me permito remitirme al material concreto de los experimentos lo cual me da derecho a hablar del tema de mi ponencia"[2].

Es enorme la riqueza del material experimental contenido en la primera información de la comunidad científica acerca de la nueva orientación. Precedieron al discurso de Madrid más de tres años de intenso trabajo de laboratorio. Si alguien tiene interés en saber cuántas formas de experimentos fueron inventados a los orígenes de la doctrina de la actividad nerviosa superior, basta leer el discurso de Madrid. Allí se exponen doce variantes de experimentos en cuanto a la regulación refleja condicionada de la conducta. Cada una de las variantes se convirtió posteriormente en modelo para elaborar un conjunto de nuevos campos problemáticos y puede considerarse como retoño convertido posteriormente en una de las ramificaciones de un gigantesco árbol.

Pávlov fue un "hombre de laboratorio", que a los hechos los denominaba oxígeno del científico. Sin embargo, sería sumamente erróneo considerar que las reglas de la formación del reflejo condicionado, que él estableció, son fruto de una generalización inductiva de una variedad de observaciones y experimentos, independiente de una metodología preconcebida. Aunque afirmó que no había nada más elocuente que el lenguaje de los hechos, el discurso en Madrid estuvo muy saturado también de términos propios de otro lenguaje: el teórico, el metodológico y el de categorías. Pávlov parecía abrir al auditorio las puertas de su laboratorio para introducir a sus oyentes con el fin de mostrarles las reacciones de los animales experimentales, acompañando las clases con el sustento de los hechos observados, su sentido recóndito, la historia de sus búsquedas que ascendían a la confrontación global de las fuerzas ideológicas en las ciencias de la vida y la psique. Naturalmente, los acontecimientos de esta historia son

hechos también, pero de otra índole y de otro género que los datos del experimento fisiológico. Podría denominárseles metahechos, puesto que no representan por ellos mismos las manifestaciones de la actividad vital que estudiamos, sino los hechos referentes al desarrollo de los acontecimientos intelectuales, progreso del pensamiento que la convirtieron de realidad objetiva en objeto del conocimiento científico.

En la explicación de estos metahechos referentes a la historia y la metodología de la ciencia, el discurso de Madrid no es menos elocuente que en la exposición de los datos experimentales de los fenómenos obtenidos en laboratorio. "Esto -advertía Pávlov- será la historia de que un fisiólogo giró en sus investigaciones de los problemas puramente fisiológicos a los generalmente denominados psíquicos. Este giro se operó de un modo inesperado, pero muy natural, lo cual en este caso es lo más importante para mí, pues se produjo sin alterar el frente metodológico"[3]. Hoy conocemos varios detalles de aquella difícil lucha intelectual[4], que precedió la creación de la doctrina de la actividad nerviosa superior.

L.Orbeli recordaba que Pávlov, al dictar en 1900-1901 sus conferencias en materia de fisiología, "exponía el problema afirmando que existían la secreción fisiológica y la psíquica, y representaba esta última de un modo muy peculiar: hablaba de la influencia de la psique en el funcionamiento de las glándulas digestivas. Cuando un compañero mío preguntó si se podía interpretar la secreción psíquica como un reflejo, Pávlov respondió que no, que era imposible..."[5]. Las memorias de Orbeli las certifica otro documento que refleja la concepción del mundo de Pávlov en el período inmediatamente anterior al descubrimiento de los reflejos condicionados. En noviembre de 1899, refiriéndose al informe de uno de los alumnos de Béjterev, recalcaba: "La influencia de la psique en la secreción salival no se expresa solo en forma de deseo, sino también en forma de pensamiento"[6].

Pávlov vivió el tránsito a nuevas posiciones como algo inesperado, considerándolo al mismo tiempo natural y orgánicamente relacionado con el trabajo cotidiano. La suceción de las dos etapas en la obra de Pávlov merece especial atención. En las investigaciones de la

digestión se formó su estrategia biodeterminista, que lo llevó a formular la teoría de los reflejos condicionados. Los descubrimientos son originados por las regularidades de la evolución del conocimiento científico objetiva e independientemente de la individualidad del científico. Lo ratifican los descubrimientos simultáneos, que no son raros. Según magnífica expresión de Goethe, cuando el tiempo ha madurado las manzanas caen en todos los jardines. El fenómeno de la reacción del reflejo condicionado fue descubierto simultáneamente por Pávlov, Béjterev y el estadounidense Twytmaier. El hecho de que únicamente la obra de Pávlov se convirtiera en piedra angular de un estructurado y esbelto sistema obedece al estilo de pensar que distinguía al gran fisiólogo de la tierra rusa. Ese estilo reprodujo los principios del biodeterminismo. Los "parámetros" estilísticos son propios de la estructura intelectual de todo científico. Es posible que este no tuviera conciencia de ellos, hecho que generó la versión positivista de que el progreso real de la ciencia se limita a una simple acumulación de datos empíricos. Mientras tanto, según enseña la experiencia histórica, cuanto más grande sea el descubrimiento más importantes serán los cambios en la estructura de las categorías del conocimiento científico conjugados con el descubrimiento.

La revolución causada por el descubrimiento de los reflejos condicionados significó un cambio de categorías, que impulsó poderosamente el trabajo experimental de la escuela de Pávlov en magnitudes jamás vistas en la historia de la ciencia. El propio líder de la escuela llegó a su programa tras perseverante meditación del problema, tras profundo análisis de la situación general en las ciencias naturales. En el discurso de Madrid, Pávlov no solo se presenta como experimentador sobresaliente, sino también como un pensador profundo y experto en el análisis teórico. Comenzó afirmando que solo iba a detenerse en experimentos con glándulas salivales y que solo emplearía el lenguaje de los hechos mas, en realidad, presentó al auditorio toda la metodología de sus investigaciones. En aquella metodología científica concreta y nueva, así como en el nuevo programa de investigaciones y no en los hechos en sí es donde radicaba la esencia de la revolución que

Pávlov realizó en la fisiología y la psicología.

Posteriormente, este descubrimiento de Pávlov adquirirá en la conciencia habitual de las masas una forma primitiva al extremo: la salivación en los perros se observa no solo como resultado del contacto con la comida, sino también en casos en que sobre el cerebro influye un excitante que da una señal de aquella. De manera similar veían la teoría del reflejo de Pávlov sus críticos de refinado intelecto filosófico. Entretanto, la aparente simplicidad del fenómeno esconde de la mirada superficial las colisiones del más agudo drama histórico cuyo contenido es la lucha por el determinismo en la explicación de las formas superiores de la actividad vital. Bajo el signo del determinismo se llevó a cabo la revolución científica del siglo XVII. Fue el triunfo del mecanodeterminismo que jalonó el cambio radical del antiguo modo de pensar tanto en los objetos fisiológicos como en los biológicos. El haber interpretado la determinación de los fenómenos por tipos de interacción de los cuerpos mecánicos desempeñó un importante papel liberador. El mundo físico quedó despojado de la acción de las fuerzas inmateriales, que cambiaban arbitrariamente el desarrollo de las cosas. Fue el nuevo estilo del pensamiento el que permitió descubrir la naturaleza refleja de la conducta.

La escuela físico-química, al acabar con el vitalismo, originó la fisiología científica. Esta revolución tuvo lugar en los años 40 del siglo pasado. Al influjo de la mencionada escuela, el mecanodeterminismo -en la variante que presenta la fisiología como la física y química de la materia viva- no solo explicaba una función determinada, sino también la actividad vital en conjunto. Una de las más elocuentes realizaciones de tal enfoque llegó a ser más tarde, la teoría de los tropismos de Loeb, según la cual las reacciones del plasma vivo de cualquier nivel de organización son dirigidas por los factores físicos y químicos del medio: fuerza de gravitación, calor, campo eléctrico, etc.

El mecanodeterminismo atrajo mucho a los naturalistas consecuentes, puesto que renunciaba las causas no materiales y establecía la integridad del universo, que en todas sus manifestaciones aparecía supeditado a las mismas leyes. Sin embargo, tenía, asimismo, un aspecto

débil. Se caracterizaba por el reduccionismo, principio que restringía unos órdenes de fenómenos a otros y menospreciaba las diferencias entre estos, que en modo alguno eran diferencias ficticias. La realidad de las diferencias se utilizaba como argumento contra el determinismo por las tendencias idealistas en la biología (vitalismo) y psicología (doctrina sobre el principio autónomo de las funciones del alma). Entretanto, la lógica del desarrollo del conocimiento científico generaba un nuevo modo de pensar que, al conservar la idea del condicionamiento de los fenómenos por factores materiales (controlados por la experiencia) -idea invariable para todas las formas de la explicación determinista-, superaba las debilidades y tentaciones del reduccionismo.

Denominemos biodeterminista a este nuevo método de la explicación etiológica de los fenómenos de la naturaleza viva. Comprende los principios y las categorías, que reflejan lo específico de la determinación de los procesos en los sistemas vivos, a diferencia de los demás sistemas (físicos, químicos, sociales y otros). El biodeterminismo que vino a sustituir el mecanodeterminismo de la escuela físico-química en la fisiología, se afianzó en los años 60 del siglo pasado gracias a la obra de Charles Darwin (principio de la selección natural). Claude Bernard (principio de la homeostasis) e Iván Séchenov (descubrimiento de los neurodeterminantes de la conducta y transformación sobre esta base del principio del reflejo).

El problema que encaraban las ciencias naturales consistía en explicar el carácter propio de todo ser vivo sin representar el objetivo como imagen no material del resultado, que hace mover el cuerpo en dirección al resultado. Darwin demostró que la racionalidad no es una ficción, como se infería de los postulados del mecanodeterminismo, sino una peculiaridad inalienable del mundo orgánico, producto de una "ciega" selección natural que extermina implacablemente los substratos que no logran adaptarse a las privaciones del medio natural. Según Bernard, el organismo es capaz de sobrevivir a estas dificultades, conservarse como algo íntegro, en razón de que -por conducto de mecanismos especiales (principio de la homeostasis)- mantiene estable su medio interno. Séchenov explicó la capacidad

que posee el organismo de oponerse a las influencias externas -hecho inconcebible desde las posiciones del mecanodeterminismo-, al introducir el concepto de la inhibición central, y la adaptación de las reacciones musculares a las propiedades de los objetos externos, a la función de señales de los "proyectiles" sensorios. El mantenimiento de la estabilidad del medio interno, así como la adaptación al medio exterior, suponen que un sistema vivo (independientemente de la conciencia y una voluntad orientada hacia un fin determinado) es objetivamente racional.

Pávlov asimiló la interpretación de la determinación de los fenómenos de la vida dada en las obras de Bernard, Darwin y Séchenov. Cuando comenzó su discurso de Madrid, exponiendo los datos acerca del alto grado de adaptabilidad de la función de las glándulas salivales a las excitaciones externas,subrayó:"Tenemos ante nosotros hechos exactos e invariables,hechos que parecen manifestar cierta sensatez.Y algo más,el mecanismo de esta sensatez es bien claro"[7]. Continuaba: "Tenemos en este caso, en forma típica, todo aquello que se denomina con las palabras "adaptación" y "racionalidad". Hemos de fijarnos en estos hechos y palabras ya que evidentemente desempeñan un gran papel en el pensamiento fisiológico contemporáneo"[8]. Es decir, Pávlov consideró necesario comenzar la exposición de su programa definiendo la posición metodológica y analizando el pensamiento fisiológico y sus instrumentos terminológicos. La descripción de las observaciones, referentes a las glándulas salivales, sirvió a ese objetivo. Sin embargo, su posición debe definirse como biodeterminista, o sea, opuesta al reduccionismo físico-químico y al vitalismo.

"... Los términos "racionalidad" y "adaptación" (pese al análisis científico natural darwinista de los mismos -señalaba Pávlov- continúan llevando en sí, en opinión de muchos, el sello del subjetivismo, hecho que genera equivocaciones de dos géneros opuestos. Los partidarios puristas de la doctrina físico-química de la vida ven en esos términos una tendencia anticientífica, una desviación del objetivismo puro hacia la especulación y la teología. Por otro lado, los biólogos de orientación filosófica consideran cualquier hecho de la adaptación y la racionalidad como demostración

de la existencia de una fuerza vital especial (vitalismo), que pasa a convertirse en animismo, fuerza que se plantea objetivos, escoge medios, etc.[9].

Los términos "racionalidad" y "adaptación", como se desprende de este planteamiento programático de Pávlov, deben introducirse en el léxico del naturalista en el sentido darwinista. Hay que despojarlos del sello del subjetivismo (vitalismo, animismo): es cuando no habrá motivo para ver en ellos una tendencia "anticientífica", como les atribuyen los partidarios puristas de la doctrina físico-química de la vida.

Según Pávlov, el hecho de la adaptación no implica nada "excepto una fina relación de los elementos del sistema complejo entre sí y todo el conjunto que forman con el medio"[10]. He aquí el planteamiento metodológico fundamental de Pávlov: el principio de lo sistémico, interiormente relacionado en su pensamiento con el del determinismo. Actualmente, quienes se orientan por el enfoque sistémico yerran al interpretarlo como la más moderna innovación metodológica. La idea del enfoque sistémico atraviesa toda la historia de la búsqueda científica. Sería valioso analizar las transformaciones que ha tenido esta idea desde tiempo de Aristóteles. El enfoque sistémico echó las bases del primer modelo del reflejo (el de Descartes), que entendía al organismo como máquina, o sea, como un sistema mecánico. Otro carácter adquirió el principio del enfoque sistémico en la concepción de Bernard sobre la autorregulación del medio interno. La doctrina de Pávlov nos ofrece también las características fundamentales de la categoría del sistema, a saber: una interrelación fija de los elementos y la interacción del complejo y las condiciones externas. Sin embargo, consideraba las características señaladas propias no solo de lo vivo. Ellas, según Pávlov, diferencian también el cuerpo químico complejo. ¿Se puede considerar entonces que la postura de Pávlov coincidía con la de los reduccionistas?

Pávlov demostró, en todas las formas, que la naturaleza, por complejas y desiguales que sean sus manifestaciones, es íntegra. Por base de la integridad no tomaba el carácter idéntico de los procesos atómico-moleculares y las leyes físico-químicas que se operan en todos los objetos naturales (grandes y pequeños, orgá-

nicos e inorgánicos), sino la idea de su organización sistémica general.

Tal enfoque se diferencia sustancialmente del reduccionismo de la escuela físico-química. Pero persistía el peligro de un reduccionismo "sistémico", es decir, reducir todos los fenómenos de la existencia a un concepto monótono, privado de determinación cualitativa (propia de los diferentes niveles de la organización de esta existencia) de lo íntegro "como algo mayor que sus partes". La penetración en el mundo de lo viviente con el fin de descubrir sus regularidades no hubiera podido tener éxito si se conformara con semejante abstracción estéril, si no lograra establecer lo característico del carácter sistémico de los fenómenos biológicos. Después de Darwin, Bernard y Séchenov, esa característica es revelada por Pávlov al representar el organismo en conceptos a los cuales no es necesario aludir en el estudio del sistema inorgánico, o sea, un compuesto químico complejo. Estos conceptos definían los determinantes que se manifestaban solo en el cuerpo orgánico, como objeto cualitativamente nuevo del conocimiento. Nos referiremos a tales determinantes un poco más tarde, mientras que ahora señalamos que la primera entre ellos se destacaba un excitante, ajeno al mecanodeterminismo -la señal inseparable de otro determinante, la de necesidad condicionada por el metabolismo propio solo de los sistemas vivos. La influencia de ambos determinantes se manifestó en la función de las glándulas digestivas, fenómeno que Pávlov estudiaba antes de pasar a las formas superiores de la neurorregulación.

En este tránsito se ligó la lógica de la evolución de su propio pensamiento con la del progreso, del pensamiento científico que siendo supraindividual, subordina determinados intelectos a sus demandas. En este caso concreto, estas demandas se referían a la "mancha blanca" que apareció en el mapa dinámico del desarrollo de la ciencia gracias al afianzamiento del biodeterminismo en otros terrenos. Posteriormente, la "mancha blanca" se extendió a toda la doctrina definida con un término especial, que no aparece todavía en el discurso de Madrid, pero que más tarde abarcará todo el campo de las investigaciones de Pávlov. Este término es la conducta. El biodeterminismo, como ya se ha dicho, triunfo ini-

cialmente en dos orientaciones: en la doctrina sobre el origen y la evolución de las especies y en la de la autorregulación del ámbito interno. En lo tocante a las relaciones mutuas de un organismo aislado y el medio externo, este aspecto específico de la actividad vital no era alcanzable para el pensamiento biodeterminista que existía antes de Séchenov. Al quedarse circunscrita en sus ideas por el principio de la selección natural, se relacionaba con la especie y no con el individuo. En lo atinente al ámbito interno, Bernard promovió una importante tesis, en el sentido de que solo gracias a los automatismos que lo conservan en condición estable, el organismo no tiene necesidad de mantenerse atado a los procesos internos y hacer esfuerzos especiales para sostener intacta su integridad. La constancia del ámbito interno, según la fórmula de Bernard, es condición de la vida libre. Mas solo lo referido al ámbito interno era lo que tenía un sentido determinista en esta fórmula. En cuanto a la "vida libre", es decir, la conducta en el mundo circundante, para ésta no se daba base alguna de determinación. La libertad se presentaba como sinónimo de independencia de las causas materiales. Entre tanto, la lógica de la ciencia, al haber establecido una nueva interpretación de lo racional respecto a la especie y al ámbito interno, chocaba con la necesidad de comprender también, bajo el ángulo biodeterminista, la conducta de una especie en el medio exterior. Donde primero se refleja esta necesidad es en el esquema de Séchenov. Pero este no ofreció una solución, accesible al control experimental, del problema de adquisición por el organismo -gracias al contacto con el medio natural- de nuevas formas estables de conducta, no prefijadas por el sistema nervioso.

En la elaboración de la nueva categoría -la conducta- radica la importancia histórica de la obra de Pávlov, de igual modo que el aporte de Bernard en la transformación de la estructura general del pensamiento biológico se define por la introducción del concepto de la autorregulación del ámbito interno y el darwinismo se distingue por la doctrina de la evolución de las especies. La necesidad general de una nueva categoría se interpretó de modo diferente por varios investigadores de acuerdo con las peculiaridades de la atmósfera teórica

e ideológica en que se formaban sus programas científicas.

En este caso se revelaron dos tendencias. El principio darwinista de la selección natural se trasladó directamente de la historia de las especies a la conducta del individuo. Este camino lo escogió Thorndike, psicólogo estadounidense. Según su teoría, el organismo se adapta al medio gracias a las pruebas, los errores y los éxitos casuales. Los impulsos del organismo en una situación problemática se hacen al azar, a ciegas. En caso de éxito se conservan, de lo contrario "mueren". Según Darwin, la que "prueba" y "fracasa" es la naturaleza, y según Thorndike, el individuo.

Pávlov siguió otro camino. Escribió más adelante: "El honor de ser el primero, en el tiempo de emprender este nuevo camino, debe pertenecer a Thorndike"[11]. Sin embargo, según vemos, entre los enfoques de Thorndike y Pávlov existen diferencias sustanciales. Como objeto de las investigaciones, Pávlov no escogió las reacciones musculares de adaptación, sino el funcionamiento de las glándulas salivales. La elección de este órgano como indicador de la conducta integral definió los aspectos fuertes del enfoque que ofrecía Pávlov. En el discurso de Madrid señaló Pávlov los motivos por los cuales prefirió las relaciones fisiológicas de las glándulas salivales al sistema muscular del esqueleto. Las reacciones de este último en lo tocante a la adaptabilidad de estas glándulas (y no en manifestaciones aisladas del tipo, digamos, del reflejo patelar) son infinitamente diferentes. Mientras tanto, la regla metodológica común de la ciencia es la evolución de lo simple a lo complejo. Además, son las reacciones motoras de los animales las que, al parecerse a movimientos regulados por el objetivo consciente del hombre, dan lugar a interpretaciones arbitrarias antropomórficas.

La idea de Pávlov consiste en obtener la "posibilidad de distinguir lo particular de lo general"[12], comparando la reacción secretora con la motriz, o sea, explicar también, partiendo de las generalidades comunes reveladas en las glándulas salivales, el carácter de su acción en la locomoción.

Todos los intentos anteriores de comprender desde posiciones deterministas la locomoción -desde Descartes

hasta Séchenov- se basaban en el concepto del reflejo interpretado como acción sensomotora. En los años 30 del siglo pasado se formó el esquema del arco reflectorio por el cual se comprendía la relación puramente anatómica entre los nervios centrípetos y centrífugos. La inconsistencia de este esquema frente al carácter adaptivo de las reacciones musculares (inclusive a nivel de la rana decapitada) impulsó a agregar al arco el elemento psíquico en forma de funsión sensoria (Pflüger). Sin embargo, el conocimiento de la última, en comparación con el arco reflectorio preciso, probado por la experiencia fisiológica, continuaba siendo ajena al intelecto del naturalista al desviarlo a una imprecisa esfera de la conciencia y la voluntad, desprovista de conceptos estables.

Pávlov, por su parte, al seguir orientándose por el principio del reflejo, escogió otro objeto para analizar las acciones racionales de un sistema vivo. Fue Bernard, destacaba Pávlov, quien presagió una "adaptabilidad más perfecta de las glándulas salivales a los excitantes externos"[13]. Esta capacidad de adaptarse, expuesta tan brillantemente en el discurso de Madrid, señalaba la variabilidad de las reacciones del organismo en dependencia del carácter del excitante externo.

Las glándulas salivales son órganos que vinculan la endoecología y la exoecología del biosistema, el ámbito interno con el externo. Por manifestarse en la delimitación de ambos, están determinadas sus funciones tanto por la necesidad del organismo de mantener la homeostasis, como por la influencia del medio. Su posición especial y la dualidad permitieron que Pávlov -en un órgano pequeño y no tan sustancial a primera vista para el funcionamiento integral- pusiera en práctica su grandiosa idea programática: reveló los factores que estructuran este funcionamiento.

Los intentos de analizar el mecanismo de la conducta siempre se enfrentaban con una forma especial de vida cuyas nociones ni Bernard ni Darwin incluían en sus esquemas explicativos. El ámbito interno tiene, según Bernard, una regulación puramente fisiológica. En cuanto al principio darwinista de la selección natural, siendo común a toda la biología, se extendía a todos los órganos y funciones incluidas las del encéfalo co-

mo órgano de la psique, mas lo peculiar de la determinación de la última (como determinación diferente de la biológica general) no fue examinada por Darwin. La genialidad de Pávlov se manifestó en que al haber penetrado en la más compleja esfera de los actos de la conducta, él, al igual que en el caso de la racionalidad (véase más arriba), logró superar las diferencias y contraposiciones tradicionales.

Por lo psíquico se comprendían fenómenos, abiertos a la conciencia del sujeto, vividos por éste. No se puede hablar de esto en el lenguaje de los fisiólogos. Mientras tanto, el fisiólogo Pávlov denominó psíquicos a sus experimentos, al titular su discurso de Madrid "Psicología experimental y psicopatología en animales". Al término del discurso, explicó por qué se había permitido "cierta contradicción en las palabras"[14]. La realidad, que empezaba a estudiar, se diferenciaba de la fisiológica que se investigaba tradicionalmente. Igual que en el caso en que se necesitaba superar la antítesis del mecanismo -el vitalismo-, con el fin de imprimir un nuevo contenido al concepto de lo racional abarcado por el vitalismo, también fue necesario superar la antítesis de lo psíquico y lo fisiológico para llenar de nuevo contenido el concepto de la psique del cual se habían apropiado los idealistas. En lo psíquico, Pávlov distinguía dos aspectos: el subjetivo y el objetivo. Hemos de subrayar que le era ajeno el planteamiento reduccionista (en lo atinente a la reducción de los procesos psíquicos a los nerviosos), que le atribuyeron posteriormente varios intérpretes de los reflejos condicionados. No lo hacían con mala intención, sino debido a un insuficiente poder resolutivo de su aparato de categorías formado sobre la diferenciación tradicional entre lo psíquico y lo fisiológico, lo subjetivo y lo objetivo y, por eso, incapaz de percibir el carácter absolutamente nuevo de las limitaciones hechas por Pávlov. Se puede asimilar la peculiaridad del pensamiento de Pávlov, si comprendemos que su enfoque de la conducta se diferenciaba del adoptado por la psicología subjetiva y la fisiología. Fue esto lo que engendró la conocida tesis de que la doctrina de Pávlov "nada tenía que ver con la fisiología".

Pávlov, por un lado, permanecía en las posiciones de la fisiología con sus métodos objetivos y conceptos neurosustratos, y, por otro, elaboraba la doctrina sobre un modo especial de contactar el organismo con el medio, modo muy diferente de las regulaciones existentes dentro del cuerpo. La peculiaridad de tal forma consiste en que la producen determinantes afines a los psíquicos, pero no idénticos. Los conceptos que introducía Pávlov superaban la división tradicional de la psique y su sustrato en dos clases, de cada una de las cuales convenía hablar en el lenguaje correspondiente. No tuvo éxito el intento de pasar solo directamente de lo fisiológico a lo psicológico y viceversa. Pávlov introdujo un lenguaje que permitió estudiar un nivel especial de organización de la actividad vital: el de la conducta que se realiza en la práctica mediante mecanismos fisiológicos y tiene, al mismo tiempo, una dimensión especial, no idéntica a las relaciones intracerebrales ni a las existentes en la esfera de la psique, aunque determina las unas y las otras.

Analicemos brevemente los principales términos de este lenguaje que definían los determinantes diferentes tanto de los puramente neurológicos como de los puramente psicológicos. Pávlov compara el círculo de nuevos fenómenos destinado a ellos con funciones fisiológicas tradicionales y señala que, a primera vista, puede parecer que la diferencia consiste en que "en la forma fisiológica de experimento la sustancia tiene contacto directo con el organismo, mientras que en la forma psíquica actúa a distancia"[15]. Esta versión fue rechazada. Pávlov escribió que la diferencia entre los fenómenos nuevos y puramente fisiológicos no consiste en esto; hay que buscarla a niveles más profundos. Tal búsqueda es la que lleva a Pávlov a la esfera de las relaciones de señales. En los "experimentos psíquicos" (así se denominaban inicialmente los reflejos condicionados) los excitantes son las propiedades de los objetos que impulsan a esas glándulas a funcionar a causa de sus características de señal y no de energía material.

La determinación de acuerdo con el tipo de señal significa que la propiedad que adquiere tal función se refiere también a las relaciones objetivas de las cosas en el medio (en esto consiste el sentido adaptivo de la señal), así como a las necesidades del organismo, a sa-

ber: el resultado del experimento "depende absolutamente de si se encuentre preparado o no para éste el animal privado de la alimentación durante cierto tiempo"[16]. Los conceptos de la importancia de señales y de la demanda relacionaban los mecanismos de la autorregulación de los procesos operados dentro del organismo con los de la conducta. Al mismo tiempo, la señal y la demanda -a nivel de conducta- adquirían nuevo sentido. En este caso, la señal no era solo medio de diferenciación de las condiciones internas del funcionamiento del sistema, sino también de análisis de sus condiciones exteriores, hecho que permitía orientarse en el ambiente circundante, captar características y relaciones objetivas que no dependen del organismo. No por arte del azar, posteriormente Pávlov vio el sentido de las "primeras señales" en el conocimiento sensorio, sensitivo e imaginario del mundo objetivo.

En cuanto a la necesidad, en el contexto de la categoría de la conducta, adquirió la importancia de factor de motivación denominado posteriormente "estímulo". Otras dos variables importantes, determinantes de la conducta, fueron la inhibición (este término apareció más tarde) y la repetición. En el discurso de Madrid se trata de la "regla de la relación temporal": "incrementar con la repetición y desaparecer sin la repetición" gracias a que "la adaptación se hace más fina"[17]. La conducta se interpretaba desde el punto de vista fisiológico como el "proceso de abrir cierto camino hacia el centro"[18]. Al adjudicar a la repetición el papel de determinante en el surgimiento y afianzamiento de nuevos modos de interacción del organismo y el medio, Pávlov establecía la capacidad de modificarse como característica fundamental de la conducta. Fue esta tesis la que determinó la influencia de Pávlov en todas las concepciones posteriores de instrucción, memoria y adquisición de experiencia.

En la tradición histórica, la adquisición de experiencia se proyectó hacia la psicología asociativa. En la época en que Pávlov actuó, la última desaparecía del escenario. La metodología mecanodeterminista impulsaba a asocianistas de aquel entonces a reducir el establecimiento de relaciones entre los fenómenos psíquicos a dos variables: contingencia en el tiempo y frecuencia de repetición. Ambas variables integraron la

idea de Pávlov acerca de la formación de la "relación temporal", como se denominaba inicialmente el enlace temporal. Mas, en el pensamiento de Pávlov se introducían en un sistema, nuevo por sus principios, de ideas y por ende adquirían un sentido diferente que en el asocianismo. Los conceptos elaborados por Pávlov no pueden examinarse por separado. Desde el comienzo se formaron como un sistema íntegro. El concepto repetición se determinaba por su interrelación con otros conceptos: señal, estímulo, inhibición. De ahí que el concepto repetición tuviera una interpretación biodeterminista en vez de mecanodeterminista.

Entre los determinantes introducidos por Pávlov hemos de mencionar otro: la dependencia del acto de conducta de la interacción de los centros y del predominio de uno de ellos en el momento concreto. Ujtomski, un año más tarde del discurso de Madrid y sin saber nada del mismo, descubrió el fenómeno de la dominante. En 1923, cuando leyó *La experiencia de veinte años* de Pávlov, se refirió a las relaciones de la dominante con la doctrina de los reflejos condicionados. "Para la propia aparición del reflejo condicionado, o sea, para explicar cómo el acto central anterior puede provocarse por causas reflejas nuevas y no adecuadas, Pávlov, ya en su discurso de Madrid, expresó la suposición de que el centro correspondiente "es en el sistema nervioso central punto de atracción de las excitaciones provenientes de otras superficies excitadas"[19]. Mas la indicación de Pávlov de que la reacción depende del centro que previene su estado, tenía también otro sentido: introducía en la explicación de la conducta la idea de una predisposición del organismo, su base dinámica.

En el discurso de Madrid no encontramos todavía todo el conjunto de conceptos que posteriormente integrarán el abecé de la doctrina de Pávlov. No aparecen todavía términos como "señal", "estímulo", "inhibición", etc. Sin embargo, los complejos semánticos -condensados más tarde en los conceptos, definidos por los términos señalados- forman la urdimbre ideológica y teórica del discurso. ¿Cuál es, entonces, el nivel de organización de las relaciones entre el organismo y el medio?

Los conceptos señal, estímulo, etc. pueden tener un escorzo tanto fisiológico, como psicológico, en depen-

dencia del cristal de las categorías a través del cual se les analiza. Desde el punto de vista fisiológico, son impulso nervioso, estado del centro, apertura del camino,etc.;desde el punto de vista psicológico,indican el reflejo de la realidad en forma de imagen,asociación,motivación,etc.Su significado se define por el lenguaje a que se traducen. De lo expresado no se desprende en modo alguno que el lenguaje de la conducta, creado por Pávlov, no posea su propio sistema de significados. Es un lenguaje intermediario, que permite ligar dos enormes reinos: el de la vida orgánica y el de la vida psíquica. Ahí es donde radica, parafraseando lo que Pávlov dijera de Séchenov, el vuelo genial del pensamiento pavloviano.

Este pensamiento se desplegó en dos frentes: en el laboratorio, donde se realizaba un intenso trabajo experimental, y en la aguda polémica con adversarios científicos. Se conservan testimonios sobre arduos debates que bullían en las reuniones de la Sociedad de Médicos Rusos en Petersburgo en torno a las nuevas ideas de Pávlov. A él se oponían filósofos idealistas, que veían en esas teorías una amenaza a su doctrina sobre el alma como principio independiente de los fenómenos psíquicos. Los filósofos idealistas no asistían a las reuniones de la Sociedad de Médicos. Tenían su propia Sociedad entre cuyos miembros se destacaba por sus convincentes discursos el kantiano profesor A.Vedenski (entonces presidente de la Sociedad Filosófica de Petersburgo) quien afirmaba que el "Yo" ajeno era incognoscible. Vedenski apoyaba la doctrina de Pávlov, porque, con los medios de la ciencia experimental, ella corroboraba su tesis ya que partía de la necesidad de limitarse en la explicación de la conducta a reacciones exteriores observadas, sin tocar el invisible mundo interno, como inaccesible al conocimiento objetivo. Repetimos, no eran los filósofos los que formaban el círculo de opositores de Pávlov, en la polémica con los cuales se hacía más sólida su doctrina. Sus opositores eran personas dedicadas a las ciencias naturales, quienes, al igual que Pávlov, se formaron en los *Reflejos del cerebro* de Séchenov. Uno de ellos, V.Béjterev, hablando ante la Sociedad de Médicos Rusos, afirmaba que los reflejos condicionados "aunque no habían descubierto algo nuevo, niegan algo caduco". El

método de los reflejos condicionados, según Béjterev, "nos introduce tan solo en el abecedario... de una doctrina bien formada y estructurada"[20].

Hemos de distinguir el fenómeno y la "red" de las categorías en que está inscrito.El fenómeno de la reacción de reflejo condicionado se estudió paralelamente en dos laboratorios: el de Pávlov y el de Béjterev. Mas el hecho empírico análogo, que para Béjterev no representaba, en realidad, nada nuevo en comparación con lo expuesto por Pávlov, en ambos investigadores fue "cargado" por un sentido ideológico diferente y constituyó el punto de partida para las dos tendencias que muy pronto se separaron mucho.

En lo atinente a la observación de Béjterev de que Pávlov rechazaba algo caduco, Pávlov en rigor renunció a tesis de la neurofisiología anterior, incluidas aquellas de las cuales partía Béjterev. Los procedimientos principales de la neurofisiología en aquel entonces eran acciones físico-químicas directas en los centros y troncos nerviosos y las observaciones de los efectos, incluídos los psíquicos, que aparecían como resultado de estas acciones. Pávlov se negó a emplear tales procedimientos al señalar que limitaban los horizontes del fisiólogo con el estudio de "fenómenos nerviosos dentro del organismo",mientras que en la realidad lo interno del organismo (lo intracerebral) depende del grupo de excitaciones que atacan el sistema nervioso desde el mundo exterior,o sea,que vienen de lo extracerebral.Pávlov interpretaba la conducta como un objeto íntegro,que exige análisis tanto de sus mecanismos internos como de sus manifestaciones externas.Aquí es donde sus posiciones se diferenciaban radicalmente de las planteadas por los behavioristas,quienes,influidos por la filosofía del positivismo, rechazaban todo lo interno como "inobservable".

El programa de investigaciones, presentado por Pávlov en Madrid, se enriqueció en adelante con nuevas ideas sobre neurosis experimentales, tipos de actividad del sistema nervioso superior, dos sistemas de señales, etc.

Paralelamente a la teoría de los mecanismos reflejos, comunes a los animales y al hombre, Pávlov planteó la idea sobre las formas específicas de conducta humana, el análisis de la regulación de estas formas sacó su

pensamiento más allá del biodeterminismo. Esto se realizó en el período soviético de su obra creadora, en un ambiente ideológico y científico completamente distinto.

Los adversarios de Pávlov interpretaron los reflejos condicionados como un atentado contra el mundo subjetivo del hombre, contra su vida espiritual. Vieron en Pávlov a un desenfrenado reduccionista. Mientras tanto, el verdadero sentido del programa de Pávlov consistía en poner el análisis de la psique sobre la base de las ciencias naturales. Concluyó su discurso de Madrid afirmando que para el naturalista "el alma, como principio naturalista, no solo no lo necesitaba, sino que influiría de manera negativa en su trabajo, al limitar injustamente la valentía y la profundidad de su análisis"[21].

Un especialista en ciencias naturales no necesita el alma como principio naturalista, o sea, como principio para explicar los fenómenos de la naturaleza, incluida la conducta del organismo. Sin embargo, suponer que Pávlov, igual que Séchenov, nada veía en el hombre excepto el complejo de reflejos, significa menospreciar en absoluto la misión histórica que ellos asumieron, a saber: "comprender el mecanismo y el sentido vital de aquello que preocupaba al hombre cada vez más, su conciencia, las torturas de su conciencia[22].

He aquí por qué la orientación de Pávlov fue completamente distinta de la planteada por Vedenski y otros filósofos que apoyaban el método objetivo del estudio de la conducta como demostración que no procede de las especulaciones, sino del laboratorio fisiológico; de que la ciencia es incapaz de percibir nada excepto reacciones externas observadas del cuerpo hacia los estímulos; mientras tanto lo psíquico, encubierto tras este cuadro, no es producto del conocimiento científico, sino de la fe (el alma es irrefutable, aunque sea improbable). De las palabras citadas del discurso de Madrid se puede deducir que el objetivo final que se proponía el gran sabio no consistía en "deponer" la conciencia, reduciéndola a relaciones de estímulo-reacción, como lo profesaran los behavioristas cuando incluyeron en el contexto de sus ideas la doctrina de los reflejos condicionados. El objetivo de la teoría de Pávlov consistía en obtener datos objetivos para

un conocimiento posterior del mundo subjetivo. Si Pávlov perteneciera a los partidarios de la "incognoscibilidad del "Yo" ajeno, no hubiera podido plantear tal tarea. El, sin embargo, no solo la planteaba en el plano puramente científico, sino que se guiaba, desde el comienzo, por motivos sociales que orientaban hacia la elaboración de una "ciencia exacta sobre el hombre" llamada a "sacarlo de las tinieblas de la actualidad y depurarlo de la vergüenza en la esfera de las relaciones interhumanas"[23]. En el discurso de Madrid, la fusión de los datos de la ciencia objetiva sobre la conducta con los del mundo subjetivo se la encargaba al filósofo que "al personificar la más alta aspiración del hombre hacia la síntesis, debe crear ya ahora algo íntegro de lo objetivo y lo subjetivo"[24]. Posteriormente, la estructuración de un cuadro científico íntegro del hombre se consideraba por Pávlov causa de una integración interdisciplinaria, unión de la fisiología y la psicología. A pesar de que la confianza en que las ciencias naturales omnipotentes liberarían a la humanidad de los males sociales era una ilusión cientificista, a la vez demuestra qué infusible eran, en la estructura motivacional de la personalidad de Pávlov, la sorprendente -por su poder y orientación- energía de la búsqueda científica y la esperanza de aplicar los resultados en la solución de los más grandes problemas sociales.

---

1 K.Popper, J.Eccles. *The Self and its Brain*, New York - Berlin, 1977, pp. 136-137.

2 I.P.Pávlov. *Obras completas*, 2a.ed., Moscú-Leningrado, 1951, t. 3, parte I, pag. 23 (en ruso).

3 Ibid., pag. 23.

4 Ibid., pag. 14.

5 L.A.Orbeli. *Memorias*, Moscú-Leningrado, 1966, pág. 43 (en ruso).

6 I.P.Pávlov. *Ob.cit.*, 1952, t. 6, pág. 150.

7 I.P.Pávlov. *Ob.cit.*, 1951, t. 3, parte I, pág. 24.

8 Ibid., pág. 25.

9 Ibid., pág. 26.

10 Ibid., pág. 25.

11 Ibid., pág. 15.

12 Ibid., pág. 37.

13 Ibid., pág. 40.

14 Ibid., pág. 39.

15 Ibid., pág. 28.

16 Ibid., pág. 30.

17 Ibid., pág. 35.

18 Véase Ibid., pág. 34.

19 A.A.Ujtomski. *Obras escogidas*, Leningrado, 1978, pág.17 (en ruso).

20 I.P.Pávlov. *Ob.cit.*, t. 6, pp. 293, 289.

21 Ibid., t. 3, parte I, pág. 39.

22 Ibídem.

23 Ibid., pág. 17.

24 Ibid., pág. 39.

LA TEORIA DEL UNIVERSO EN EXPANSION

Yuri Tatárinov,
candidato a doctor
en Ciencias Técnicas

A mediados de 1922, la Redacción de la revista *Zeitschrift für Physik* recibió el artículo "Sobre la curvatura del espacio"[1], suscrito por A.Friedmann (A.Fridman) y dedicado a la cosmología relativista, una nueva rama de la ciencia del Universo. El autor, desconocido por completo en Occidente como cosmólogo, iniciaba una discusión científica con Einstein, fundador de la idea de usar la teoría general de la relatividad (TGR) para resolver el problema cosmológico.

A fin de comprender mejor la esencia de la idea y los orígenes de esta discusión, que desempeñó papel fundamental en el desarrollo de las ciencias naturales, examinemos la situación que se había dado en la cosmología cuando apareció el artículo de Fridman. En 1916, Einstein dio cima a su trabajo de ocho años durante los cuales creó la TGR. Al año siguiente dio otro paso en el desarrollo de la TGR: sentó las bases de la cosmología relativista[2].

La nueva solución que daba Einstein al problema cosmológico apareció cuando la cosmología clásica, que se fundaba en las leyes de la mecánica newtoniana, atravesaba ciertas dificultades. El análisis teórico de las condiciones físicas en el Universo newtoniano hizo que en el siglo XIX se establecieran tres paradojas, reiteradas veces investigadas y discutidas, de la cosmología clásica: la fotométrica (Olbers, 1826), la gravitacional (Neumann, 1874; Seeliger, 1895) y la termodinámica (Clausius - Thomson, teoría de la "muerte térmica").

Einstein propuso el primer modelo relativista del Universo. Se guió por la idea de Mach de que la inercia obedece a la interacción de los cuerpos; luego,

partiendo de las ecuaciones gravitacionales de la TGR, completadas con el denominado término cosmológico, que introdujo la fuerza hipotética de repulsión -fuerza de presión negativa- obtuvo un modelo estático isótropo homogéneo con un espacio cerrado de curvatura positiva, relleno de materia en reposo uniformemente distribuida.El "mundo de Einstein" es estacionario,invariable e infinito en el tiempo,representa un espacio esférico tridimensional (de Riemann) con curvatura positiva constante y volumen finito.Einstein opinaba que dicha representación era lógicamente no contradictoria y la más natural desde el punto de vista de la TGR[3]."Desde el punto de vista de la epistemología -escribía- es más satisfactorio tener las propiedades mecánicas del espacio completamente determinado, y este es el caso sólo en el Universo espacialmente limitado"[4]. Parecía que el modelo reflejaba en forma adecuada "la realidad cosmológica", porque eliminaba las paradojas fotométrica y gravitacional.

El planteamiento y la solución -nuevos por principio- del problema cosmológico en el marco de la TGR hicieron una verdadera revolución en el modo de visión del Universo, pero provocaron de inmediato una reñida polémica en el mundo científico, iniciada por W.de Sitter, quien en ese mismo año de 1917 propuso un nuevo modelo: el denominado modelo cosmológico vacío, que también satisfacía los requisitos de la TGR, con una constante cosmológica positiva. Este modelo, al igual que el de Einstein, era estático y poseía un espacio finito de curvatura positiva, con una densidad media de la materia equivalente a cero.

Einstein fue el primero en someter a crítica el modelo "vacío" de De Sitter. En 1918, Einstein subrayó que, de acuerdo con la TGR "no puede existir ningún continuo espacio-tiempo sin la materia que lo genere"[5]. Surgió la cuestión de si podría el modelo de De Sitter describir la estructura métrica del espacio mundial. Así comenzó la discusión en torno a los modelos de Einstein y de De Sitter, que duró algo más de 10 años, atrayendo la atención de A.Eddington, C.Lanczos, G.Weyl y otros científicos. En 1919, el experimento dedicado a observar durante el eclipse de Sol las desviaciones de la luz en el campo gravitacional del Sol -idea expuesta por el autor de la TGR en 1911-,

confirmó la existencia y la magnitud numérica del efecto de Einstein, uno de los resultados de la teoría de la gravitación. Ese mismo años Lorentz informó a Einstein que la TGR podía considerarse confirmada.

La labor científica de Einstein en las variadas ramas de la física fue debidamente evaluada: por el descubrimiento de las leyes del efecto fotoeléctrico se le otorgó el Premio Nobel de 1921. Es curioso que "por la teoría de la relatividad no se lo dieron, porque en el Comité se dividieron las opiniones de si estaba suficientemente bien demostrada desde el punto de vista de la física"[6]. Para comprender la TGR fue también bastante difícil, por lo visto, pasar de la concepción del Universo espacial infinito, afianzada en los siglos XVII-XIX, a la idea de Einstein sobre la posible existencia de un Universo finito. En realidad, el defecto del modelo de Einstein no consistía en que fuera finito, sino en que aún siendo formalmente estático, poseía inestabilidad, como lo demostró Eddington en 1930[7].

En el artículo "Sobre la curvatura del espacio" (1922), el matemático y físico soviético A.Fridman, conservando todos los supuestos de Einstein, pero omitiendo el postulado del estatismo, obtuvo resultados nuevos por principio, no solo concernientes a los modelos de Einstein y de De Sitter, sino también a la solución del problema cosmológico en general. Fridman demostró que la medición del espacio-tiempo del Universo, pese a las deducciones de Einstein, puede modificarse en el tiempo y no ser estática[8]. A esos resultados podía llegarse sin introducir en las ecuaciones iniciales el término λ , sin el cual el modelo de Einstein no podría existir ni siquiera formalmente.

Al principio Einstein consideró que ese trabajo de Fridman era erróneo desde el punto de vista matemático. En una breve nota, el autor de la TGR expuso sus dudas en cuanto a la solución obtenida por Fridman, correspondiente a la inconstancia del "radio del mundo en el tiempo", y dijo: "los resultados sobre el mundo relativamente no estacionario me parecen sospechosos"[9].

Más tarde habló de ello el académico V.Fok. En 1923 estaba en comisión de servicios en el exterior el físico soviético Yu.Krutkov. Fridman le había pedido que

visitara en Berlín a Einstein, y Krutkov persuadió al científico, aunque con grandes dificultades, que no estaba en lo cierto[10]. De los apuntes y cartas de Krutkov, estudiados por V.Frenkel[11], se desprende que sus charlas con Einstein tuvieron lugar en Leiden entre el 7 y el 18 de mayo de 1923, y continuaron después en Berlín. Gracias a Frenkel también se supo que a fines de 1922, al enterarse por Krutkov que Einstein había reaccionado desfavorablemente a su artículo, Fridman le envió una carta el 6 de diciembre. Le presentaba los cálculos detallados, que confirmaban la exactitud del resultado obtenido por él, correspondiente al caso del "mundo no estacionario". Mas no fue esa carta (que se conserva en el archivo de Einstein), sino justamente las conversaciones con Krutkov lo que -opina Frenkel- obligaron a Einstein a cambiar su punto de vista en cuanto a la posible solución no estacionaria del problema cosmológico. Esa polémica dio por resultado la segunda nota de Einstein[12].

Adjudicando extraordinaria importancia a esta publicación para apreciar correctamente todas las circunstancias de la discusión sostenida por correspondencia entre Fridman y Einstein, como también considerando las fallas habidas en su traducción aparecida en la revista *Uspeji fisícheskij nauk (UFN)*(Exitos de las ciencias físicas)[13], utilizada más tarde en la *Colección de obras científicas*[14], estimamos preciso publicar a continuación el texto íntegro, más adecuado al original, fechado el 31 de mayo de 1923. "En una nota anterior -escribía Einstein- critiqué el mencionado trabajo. Sin embargo, mi objeción se basaba -como me persuadí por sugestión *(auf Anregung)* del señor Krutkov, guiado *(an Hand)* por la carta del señor Friedmann- en un error de cálculo. Considero que los resultados del señor Friedmann son justos y ponen claridad. Se demuestra que las ecuaciones del campo admiten, junto con las soluciones estáticas, también las dinámicas (o sea, con la coordenada del tiempo variable) centrosimétricas".

¿Qué testimonia esta nota? Ante todo, que la objeción inicial de Einstein, como lo reconociera en forma autocrítica, obedecía a su propio error en los cálculos matemáticos; segundo, que Einstein se había convencido de ello directamente por la carta de Frid-

man, recibida por él y no "comunicada... por el señor Krutkov", como se decía en la traducción citada en *UFN*. De lo cual se desprende, a su vez, que contrariamente a la suposición de V.Frenkel[15], Einstein leyó personalmente la carta de Fridman y, por tanto, no podía por menos de conocer su contenido completo. Tercero, y esto es lo más importante, durante la conversación con Krutkov, Einstein se vio obligado a reconocer que la solución de Fridman acerca de la posible existencia del "mundo no estacionario" correspondía por completo a la ecuación gravitacional de la TGR. De este modo, Einstein reconoció su error en la discusión con Fridman. Sin embargo, la apreciación inicial dada por Einstein al trabajo del científico de Petrogrado no pudo por menos de reflejarse negativamente en la opinión científica mundial en cuanto al reconocimiento de este descubrimiento fundamental[16].

En efecto, en ese mismo artículo M.Bronshtein señala que "el trabajo de Fridman quedó a medias olvidado", dándose más tarde a Lemaitre la prioridad en la elaboración de la teoría del Universo en expansión, aunque Lemaitre retornó a esta concepción cinco años después de Fridman, tratando de vincularla con datos astronómicos concretos[17]. En el período que examinamos, los físicos y astrónomos seguían atentos la discusión desplegada en torno de los modelos estáticos de Einstein y de De Sitter, principalmente en lo concerniente a su correspondencia con el mundo astronómico real.

Esa polémica llegó a su apogeo cuando en 1923 H.Weyl[18], y en 1924 A.S.Eddington[19] lograron demostrar que, en comparación con el modelo de Einstein, el de De Sitter poseía la ventaja de poder explicar, en su primera aproximación, el fenómeno del desplazamiento hacia el rojo ("corrimiento al rojo") del extremo del espectro de las líneas espectrales de las nebulosas en espiral alejadas de nosotros, fenómeno establecido por entonces (hacia principios de 1922) por las observaciones astronómicas de V.M.Slipher. Más tarde también se demostró que la objeción inicial de Einstein contra el modelo de De Sitter era inconsistente. Si bien dicho modelo no satisfacía el principio de Mach, correspondía no obstante a una de las soluciones admisibles de las ecuaciones gravitacionales, dado

que la materia no solo puede existir a modo de masas materiales. Por ejemplo, en el mundo de De Sitter la acción de las fuerzas sobre el denominado "cuerpo de prueba" está condicionada por el campo descrito por medio del término λ. Por otra parte, el estudio de esta solución, en todos sus aspectos y durante los años siguientes, probó que no corresponde a los datos astronómicos, ya conocidos a fines de los años 20, respecto a la distribución de las velocidades de las galaxias espirales, de la densidad media de la materia y las magnitudes del "radio del mundo"[20] y, por tanto, no puede reflejar en forma adecuada el Universo real. No es casual, por lo visto, que en 1930 renunciaran a esa solución su autor, De Sitter[21], y su partidario Eddington. De aquí puede deducirse que la primera solución de las ecuaciones gravitacionales de la TGR, de la cual se puede obtener -como uno de los efectos- la justa expresión para la ley del "corrimiento" de las galaxias, experimentalmente establecida por E.P.Hubble en 1929, le pertenece a A.Fridman, quien fundamentó por primera vez la posibilidad de que existiera el "mundo no estacionario".

En pos de su trabajo cosmológico "Sobre la curvatura del espacio", que provocara al principio una reacción tan brusca e injusta de Einstein, en 1924 Fridman publica en la misma revista -*Zeitschrift für Physik*- el segundo artículo: "Sobre la posibilidad de un mundo con un espacio de curvatura negativa constante"[22].

Indiquemos que las primeras consideraciones acerca de tal solución de las ecuaciones gravitacionales fueron expuestas por Fridman en su carta a Einstein del año 1922[23].

En estos dos trabajos, empleando las ecuaciones de tipo más general de la TGR, con el término cosmológico, Fridman recibió el espectro de las soluciones que abarcaban tanto el caso estacionario como el no estacionario, que correspondía al cambio en el tiempo del radio de curvatura del espacio. En el caso estacionario, para el mundo con curvatura positiva del espacio "concomitante" y una constante cosmológica mayor a cero, obtuvo soluciones particulares, correspondientes ya a los conocidos modelos del Universo con densidad positiva de la "materia" -al "mundo cilíndrico de Einstein"- y con densidad cero, al "mundo esférico de

De Sitter". Para el mundo con curvatura estacionaria negativa del espacio Fridman llegó a nuevas soluciones, que responden a la "densidad cero o negativa de la materia"[24], siendo que la última, a su juicio, no posee sentido físico.

Los resultados más importantes de Fridman atañen al caso no estacionario. En el primer trabajo demostró que las ecuaciones de gravitación admiten soluciones correspondientes a los modelos cosmológicos con espacio cerrado de curvatura positiva, rellenos de materia con densidad positiva, cualesquieran sean los valores de la constante cosmológica, incluso si equivale a cero. Es digna de especial interés la solución que corresponde al "mundo periódico", cuyo radio de curvatura cambia periódicamente desde cero hasta cierta magnitud constante[25]. Fridman indica que el "período del mundo", puede aproximarse, por el orden de la magnitud, a 10.000 millones de años. Otro resultado digno de atención es el obtenido en su segundo trabajo, en el que demuestra la posibilidad de que existan mundos no estacionarios con curvatura negativa constante del espacio y con densidad positiva de la materia no solo con una constante cosmológica positiva, sino también negativa e igual a cero[26]. De este modo, las indagaciones de Fridman demostraron palpablemente que la ecuación de la TGR de Einstein no daba un modelo unívoco del Universo, independientemente del valor de la constante cosmológica.

Dado que Fridman fue el primero en examinar la solución de las ecuaciones gravitacionales con una constante cosmológica equivalente a cero y demostró que en las soluciones obtenidas esa constante es, en esencia, superflua[27], se estila denominar "fridmanianos" los modelos semejantes, sin término cosmológico. Con la particularidad de que según sea la magnitud de la densidad de la materia que llena el espacio, se distinguen tres modelos principales del Universo en expansión, dos de los cuales fueron indagados en los trabajos de Fridman. El modelo fridmaniano más simple (Fridman no lo investigó), y que habitualmente se llama modelo de Einstein - De Sitter (1932) corresponde al caso en que la densidad de la materia ρ en el Universo equivale a cierto término crítico, el espacio en constante expansión es euclidiano, es decir, posee

curvatura cero; en este caso, el volumen del espacio es infinito. El segundo modelo, llamado cerrado, atañe al caso en que ρ es mayor a ρ_K. Esto corresponde al espacio esférico de Riemann con constante positiva (para cada momento de tiempo) de la curvatura y volumen finito; la expansión del mundo comienza en cierto momento cero de tiempo, y luego cambia por la comprensión. Si la densidad de la materia es menor a la crítica: $\rho<\rho_K$, la geometría del tercer modelo, denominado abierto, corresponde al espacio ilimitadamente en expansión de Lobachevski, con curvatura negativa constante y volumen infinito.

V.Fok evaluaba altamente los resultados obtenidos por Fridman: la demostración de la posibilidad de un Universo no estacionario, en particular, en expansión. Mas Fok consideraba que Fridman no habría apreciado debidamente la significación de su descubrimiento, afirmando que "su misión era señalar las posibles soluciones de las ecuaciones cosmológicas, y después que los físicos hicieran lo que quisieran con esas soluciones"[28]. P.Kapitsa opina que "estas formulaciones críticas sobre sus trabajos de un hombre chistoso" fueron lamentablemente acogidas en forma no crítica por muchos autores que escriben sobre Fridman, lo cual imprimió un selló negativo en la evaluación del papel que desempeñó en el devenir de la teoría del Universo en expansión.

Por otra parte, basta con leer atentamente sus artículos, así como el libro *El mundo como espacio y tiempo*[30], para persuadirse que es absolutamente inconsistente afirmar que el autor no confiaba mucho en su propia teoría y solo la admitía como una curiosidad matemática. El final del tercer capítulo de este libro, indica Fridman, "está dedicado a la cuestión concerniente a la estructura general de nuestro Universo (se sobrentiende que material). Por vacilantes que sean nuestras consideraciones referentes a este aspecto, la amplitud de la tarea obliga, no obstante, a abordarlas con extraordinario interés"[31]. En este capítulo, justamente, Fridman se refiere a una importante consideración para dar solución al problema del carácter finito o infinito espacial del Universo (inconclusa u olvidada por sus contemporáneos), solución que desarrolla en su segundo artículo. Fridman demuestra

que sin ciertos supuestos complementarios acerca de las características de continuidad del espacio es imposible juzgar, tan solo por la curvatura, sobre la finitud o infinitud del espacio[32]. V.Kaziutinski y A.Karmin señalan que esas dificultades se eliminan "si se superpone al espacio-tiempo el requisito de la "sencillez topológica", según el cual el espacio-tiempo es orientado y está ligado en uno. En los modelos homogéneos e isótropos fridmanianos estas limitaciones por lo común se sobretienden tácitamente"[33].

La demostración de un posible Universo no estacionario era un descubrimiento bastante radical, que cambiaba de raíz el posterior cuadro cosmológico del mundo; sin embargo, las conclusiones no menos revolucionarias de Fridman estaban ligadas con la indicación de la existencia del momento inicial del tiempo, correspondiente al "nacimiento" del Universo. Todos los modelos no estacionarios con $\lambda = 0$ se distinguen por la existencia de un singular punto cuatridimensional del espacio: el tiempo correspondiente a $t = 0$. Diríase que el tiempo de la historia del Universo comienza a contarse desde ese momento. "Si... se comienza a calcular... el tiempo -escribía Fridman al respecto- trascurrido desde el momento en que el Universo se creaba desde un punto hasta su estado actual... o sea, el tiempo pasado desde la creación del mundo, resultan números de decenas de miles de millones de nuestros años corrientes"[34]. Así pues, Fridman, de quien se decía que solo resolvía ecuaciones, demostró una clarividencia física extraordinaria al predecir en los modelos relativistas que el tiempo resulta finito en dirección al pasado, y apreció correctamente el orden de la magnitud de la "edad" del Universo.

Con estos trabajos de los años 1922 y 1924 sentó los fundamentos de toda la cosmología moderna. Cabe preguntar: ¿cómo pudo en las complejas condiciones de Rusia Soviética de los años 20 crear la "teoría de gran valor", es decir, realizar una grandiosa hazaña científica y universal.

Fridman nació en 1888. Su talento matemático se reveló muy temprano. Luego de graduarse en 1910 en la Universidad de Petersburgo se le ofreció quedarse en la cátedra de matemática. Inclusive hasta 1913, cuando rindió exámenes para obtener el título de maestro de

matemáticas puras y aplicadas, sus intereses no pasaron los límites de esta ciencia. En ese período, por lo visto, empezaron a formarse las premisas para que más tarde se dijera que Fridman era un científico que solo se dedicaba a resolver ecuaciones matemáticas, cuyo sentido físico supuestamente no le interesaba mucho[35]. Estimamos que es profundamente errónea tal opinión acerca de la obra científica de este físico de talento, opinión que, lamentablemente, no solo penetró en las publicaciones de divulgación científica, sino también en las científicas. Toda la labor científica posterior de Fridman sirve de persuasiva refutación a dicho criterio.

"A.Fridman poseía excepcionales aptitudes matemáticas -recordaba el matemático A.Gavrílov, compañero suyo universitario-, sin embargo, no le satisfacía solo el estudio del mundo matemático de los números, el espacio y las correlaciones funcionales en él. Tampoco le bastaba con el mundo que estudia la física teórica y matemática. Su ideal era observar el mundo real y crear el aparato matemático que permitiera formular con debida generalización y profundidad las leyes de la física, y luego -ya sin observaciones- predecir leyes nuevas"[36]. Después, durante varios años, trabajando fundamentalmente en el campo de la hidromecánica de los líquidos comprimidos, de la meteorología dinámica y la física de la atmósfera, Fridman obtuvo varios resultados fundamentales, que le granjearon fama mundial entre los especialistas en meteorología.

En su labor científica Fridman no se limitó a la meteorología teórica y práctica. A principios de los años 20 reveló singular interés por el estudio de la TGR de Einstein. En aquellos años A.Fridman y V.Frederiks se convierten en divulgadores de esa idea, haciendo con frecuencia informes sobre la TGR en el seminario conjunto de físicos, matemáticos y mecánicos en la Universidad de Petrogrado. Cuando comenzó a estudiar la cosmología -nueva rama de la ciencia-, como siempre no se limitó a tomar conocimiento de los resultados ya conocidos, sino inició sus propias investigaciones originales, aplicando el aparato matemático, que ya había usado ampliamente en la meteorología teórica[37]. Su resultado fundamental fue la demostración de

que eran posibles las "soluciones no estacionarias, correspondientes a la curvatura constante (tanto positiva como negativa) del espacio 'concomitante'".

Basándose en el texto de la segunda nota de Einstein, muchos naturalistas e historiadores de la ciencia afirman que la discusión entre Einstein y Fridman llegó a su culminación lógica en 1923, cuando Einstein admitió que se había equivocado, reconoció que los resultados de Fridman eran justos y los evaluó positivamente. Sin embargo, el análisis histórico detallado de esa discusión,como también el desarrollo de las representaciones cosmológicas en ese período, prueban que las cosas distaban de ser así.

Cabe señalar, en primer término, que en la nota por demás breve "Einstein confirmó (¡únicamente! *-Nota del autor del artículo*) la justedad formal de esa solución"[38], sosteniendo hasta fines de los años 20 la idea del Universo estacionario, que "requiere" el empleo del denominado término cosmológico. Los siguientes pormenores testimonian que la segunda publicación revestía carácter formal y hasta cierto punto era incompleta. En esa nota, reconociendo que los cálculos de Fridman eran absolutamente justos, Einstein se refiere al mismo tiempo a dicho resultado y lo evalúa como una de las dos variantes equivalentes para dar solución a las ecuaciones gravitacionales. Por otra parte, pasado algo más de un mes (el 11 de julio de 1923), en la asamblea de naturalistas Einstein reconoció que la solución hallada por él del problema cosmológico no se podía considerar todavía completamente satisfactoria por la introducción del término λ, no basado en datos experimentales y no condicionado, en modo alguno, por los términos principales (gravitacionales) de esas ecuaciones.

De este modo, gracias al cambio de las ecuaciones de la TGR *ad hoc*, introduciéndose en ellas el término λ, el modelo estático de Einstein no responde al criterio proclamado por él mismo de la "perfección interna". A diferencia de ello, la solución de Fridman, que incluye variantes con el término λ igual a cero, corresponde íntegramente a ese criterio. Desde el punto de vista del denominado criterio de la "justificación externa", ambos modelos reflejan en igual medida las paradojas fotométrica y gravitacional,

ambos se basan en las mismas hipótesis acerca del carácter del estado y el movimiento de la materia en el espacio. Por otra parte, un factor astronómico como es el carácter de distribución de las velocidades en las nebulosidades extragalácticas -que podía dar testimonio decisivo ya bien sobre la condición estacionaria o la expanción del espacio- en esos años de 1922-1924 no solo lo desconocía Fridman, sino también Einstein, por cuanto la segunda edición del libro de A.S.Eddington *Teoría de la relatividad*, en el que por primera vez se publicaron los resultados de las mediciones de V.M.Slipher referentes a las velocidades radiales de las nebulosidades espirales, vio la luz en 1924.

A la par y desde el punto de vista de los datos astronómicos ya existentes, la solución de Fridman parece preferente. Se da el caso de que en 1920, en su obra *Espacio, tiempo y gravitación*, Eddington mencionó por primera vez el "corrimiento al rojo" de las líneas espectrales de las nebulosidades, descubierto por Slipher, lo cual, opina Eddington, puede interpretarse "como el efecto de Doppler, implicando que las nebulosidades se alejan de nosotros" o que "el efecto sea realmente las vibraciones lentas de los átomos, predichas en la teoría de De Sitter"[39]. Fridman empleó el trabajo de Eddington (edición francesa de 1921), mas consideró, al parecer, que sus datos eran "un material experimental astronómico insuficiente"[40].

Por tanto, difícilmente Einstein pudiera examinar los modelos señalados, en su totalidad, como variantes equivalentes para solucionar las ecuaciones de la TGR, lo cual puede deducirse,no obstante,de su segunda nota respecto del trabajo de Fridman.

Por los dos datos siguientes, omitidos por los historiadores de la ciencia, puede juzgarse acerca de cierta peculiaridad psicológica en ese momento de la discusión Fridman-Einstein. Einstein no solo silenció que Fridman le solicitaba en su carta que expusiera su opinión en cuanto a la investigación -realizada por él- de la posible existencia de un mundo con curvatura negativa constante y cambiante (en el tiempo)[41], sino ni siquiera se refirió a la siguiente publicación de Fridman sobre el mismo tema, que no podía haber pasado desapercibida para Einstein. Porque justamente

el segundo trabajo de Fridman ponía en tela de juicio la tesis de principios de Einstein, según la cual el mundo que posee una densidad media de la materia distinta a cero debe ser, de acuerdo con la TGR, espacialmente finito. Einstein, quien reaccionó rápidamente al primer artículo de Fridman, esa vez guardó silencio.

La muerte prematura en setiembre de 1925 interrumpió la próspera y multifacética labor científica de A.Fridman. Su nombre y sus trabajos cosmológicos fueron echados al olvido por muchos años. A ello contribuyó el hecho de que entre 1927 y 1931 G.Lemaitre publicó un ciclo de trabajos en los que, como se afirma, absolutamente al margen de Fridman, elaboró uno de los modelos del Universo en expansión, lleno no solo de materia sino también de energía de radiación. Al igual que Einstein, Lemaitre empleó la idea del medio antigravitacional, descrito en las ecuaciones con el término λ, y predijo la posibilidad de que existiera un "receso" en la expansión de la Metagalaxia, debido a lo cual su "edad" podía ser de 50 ó 70 mil millones de años. Lemaitre adelantó la concepción de la "cosmología evolutiva", denominada más tarde teoría de la "Gran explosión", que sentó el comienzo de la expansión del Universo. Después de que en 1930 Eddington apoyara calurosamente la idea de Lemaitre, el modelo de éste, confirmado por principio con los datos experimentales de Hubble sobre el "corrimiento al rojo", se granjeó un reconocimiento bastante amplio.

En tales circunstancias casi fueron olvidados el nombre de Fridman y la prioridad de sus ideas. El único hombre de ciencia que defendió activamente sus logros fue Albert Einstein, quien dio a todo el mundo científico un magnífico ejemplo de objetividad y honestidad en la ciencia. En 1931, bajo el influjo de las "investigaciones de Hubble sobre el efecto de Doppler y la distribución de las nebulosidades extragalácticas", el autor de la TGR renunció a "la proposición sobre la naturaleza estática del espacio", reconoció que su solución anterior (primer modelo relativista) carecía de sentido físico, y señaló que en sus investigaciones posteriores emplearía los resultados obtenidos por Fridman quien, subraya Einstein

acto seguido, fue "el primero que sin influencia alguna de los hechos de observación" propuso la solución que describe el espacio "cuyo radio depende del tiempo"[42]. Esta publicación de Einstein daba por primera vez testimonio de que él reconocía totalmente los trabajos de Fridman, renunciaba al modelo estático y a la introducción del término cosmológico en las ecuaciones de la gravitación y, de ese modo, pasaba a la idea del Universo no estacionario. Prueba de ello es uno de los modelos del Universo en expansión sin el término λ, elaborado por él conjuntamente con De Sitter en 1931 y 1932[43].

Probablemente quepa aquí preguntar: ¿qué impidió en 1922 a Einstein reconocer "justos" los resultados de Fridman acerca de un posible Universo no estacionario, y qué lo "obligó" en 1923, ya en la segunda nota, a decir que las soluciones estática y dinámica eran equivalentes? Difícilmente se tratara solo de errores de cálculo, como tampoco de ciertos factores astronómicos y epistemológicos mencionados, que confirmarían la adecuación del modelo estacionario.

La cuestión parece simple, pero al mismo tiempo bastante compleja, porque se trata de un campo tan sutil de la labor científica como es el proceso de percepción del descubrimiento científico, y se refiere a un caso especial, cuando un hombre de ciencia, completamente desconocido en la comunidad científica, no solo pone en tela de juicio los resultados obtenidos por un sabio eminente, sino incluso pretende hacer su aporte original a la ciencia. En tales condiciones, no podían por menos de incidir sustancialmente sobre el proceso de la percepción el denominado "fenómeno de Barber" -o sea, la resistencia socialmente condicionada a los descubrimientos en el medio científico-, como también algunos factores de carácter psicológico individual[44]. Creemos que en este caso desempeñó determinado papel el criterio del autor de la TGR acerca del lugar que corresponde a las matemáticas en la investigación científica.

Para tener plena noción de la "orientación" psicológica de Einstein, guiándose por la cual calificó negativamente el primer trabajo de Fridman, es conveniente, al parecer, analizar la correlación de lo matemático y lo físico en la creación de estos dos cien-

tíficos relevantes. Puede afirmarse, en términos generales, que mientras Fridman marchó en su búsqueda científica desde la matemática hacia la física, Einstein, al elaborar la TGR y en sus trabajos cosmológicos, siempre arrancaba de los profundos principios físicos y solo después pasaba al planteamiento y la solución del problema matemático. De ahí la diferente actitud de ambos, en ese período, hacia el empleo de las matemáticas en las investigaciones científicas.

Para Fridman el método principal de indagación era el de la hipótesis matemática, que usó ampliamente tanto en la meteorología teórica como en la cosmología relativista. Por otra parte, en los casos necesarios aspiraba a llevar la solución hasta los valores numéricos que permitían un control experimental. Es interesante que con los años aumentaba la proporción de lo "físico" en las investigaciones realizadas por este destacado científico, educado en las estrictas tradiciones matemáticas.

Es mucho más intrincado el camino recorrido por Einstein hacia la intelección del significado de las matemáticas para la labor indagadora en física. Según recordaba el autor de la TGR, en los años juveniles le interesaba más el experimento físico, menoscabando en cierto grado las matemáticas. Después de muchos años de labor científica independiente comenzó a comprender gradualmente la importancia de las matemáticas para solucionar los problemas de fondo de la física. Dado que la cronología de los cambios operados en los criterios de Einstein acerca del papel de las matemáticas en la investigación científica, en general, y de la significación heurística de la construcción matemática, en particular, es en cierto grado cuestionable, veamos la evolución de esa actitud valiéndonos de las palabras del autor de la TGR.

En el período que media entre 1919 y 1923, de especial interés para nosotros, lo típico es que Einstein, valorando las posibilidades del método de la hipótesis matemática, volvía cada vez a la idea de que era necesario apoyarse en los principios físicos o en los hechos experimentales. Por ejemplo, en una carta escrita a Ehrenfest en 1919, decía: "Me resulta incomprensible que el propio Weyl y todos los demás no adviertan las tesis de la teoría que contradicen

la experiencia"[45]. En 1921, exponiendo la evolución de las ideas al elaborar la teoría de la relatividad, hace una interrogación que atañe directamente al modelo cosmológico que él propone: "¿Es finita la extensión espacial del Universo?" Nada puede demostrarse, responde, "mientras no se haga la investigación dinámica de los grandes sistemas de estrellas fijas"[46]. En el mismo año de 1921, retorna una vez más a la teoría de Weyl, se admira de la audacia y la lógica de su pensamiento matemático, rinde homenaje a la armonía y elegancia de las construcciones de Weyl y, al mismo tiempo, considera que no corresponden a la realidad física. En 1922, Einstein escribió a Weyl: "Estoy justamente dedicado al discernimiento de su trabajo sobre la preferencia de la forma cuadrática. No capto su sentido físico... Pienso que para avanzar realmente habría que encontrar el principio universal extraído de la naturaleza"[47]. Por último, en 1923, luego de formular por primera vez su programa de la teoría del campo unitario, Einstein nuevamente se refiere a la insuficiencia cardinal del método que él emplea, a que lamentablemente con esa tentativa no se puede apoyar en los datos experimentales, tal como durante la construcción de la teoría de la gravitación (igualdad de la masa inerte y pesada), sino que hay que limitarse al criterio de la sencillez matemática, el cual no está eximido de arbitrariedad.

Más adelante, recordando con reiterada frecuencia su grandioso éxito al crear la TGR, llega a construcciones teóricas que, según dice, son dignas de ser publicadas, indistintamente de los intentos de comunicarles sentido físico. Por ejemplo, en 1929 ya subraya que el éxito de la tentativa (de establecer la ley del campo gravitacional) de extraer las leyes de la naturaleza de un modo puramente especulativo, basándose en la convicción de la sencillez formal de la realidad, estimula a seguir avanzando por este camino.

Así pues, en el proceso de trabajo dedicado a la teoría del campo unitario, evolucionaron sustancialmente los criterios de Einstein en cuanto al papel que desempeñan las matemáticas en la investigación científica. Su conferencia "Sobre el método de la física teórica" (1933) da testimonio de la modificación que se produjo en el credo científico de Einstein. "Estoy

convencido -dijo- que por medio de las construcciones puramente matemáticas no podemos descubrir los conceptos y las conexiones legítimas entre ellas, que nos den la clave para comprender los fenómenos de la naturaleza... la experiencia, por tanto, es el único criterio sobre la utilidad de una construcción matemática para la física, pero el auténtico principio creador reside en las matemáticas"[48].

El breve análisis de los criterios de Fridman y Einstein sobre la correlación matemática-física en la búsqueda científica indica la aproximación gradual de las posiciones de ambos hombres de ciencia. Pese a ello, en los años 1922 y 1923, probablemente bajo la fresca impresión de su crítica al trabajo de Weyl[49], Einstein consideraba que los resultados de Fridman sobre el posible Universo no estacionario obedecían a artificios puramente matemáticos, carentes de sentido físico y de una confirmación experimental insuficiente. Sobre ese juicio pudo haber incidido el hecho de que, en comparación con la solución dada por Einstein al problema cosmológico, Fridman -usando el método de la hipótesis matemática- fue más lejos que el autor de la TGR en cuanto a los supuestos admitidos y, por tanto, también en lo relacionado con la modificación de las ecuaciones gravitacionales. Nuestra apreciación coincide con la interesante opinión de Cornelius Lanczos sobre la actitud de Einstein hacia las matemáticas en el período en que creaba la TGR: "Temía -señaló Lanczos- que la elegancia del mecanismo matemático pudiera oscurecer el problema físico y diera una respuesta puramente formalista, en la que podía ahogarse la propia esencia de la situación física"[50].

En la mencionada respuesta a Fridman también se pusieron de manifiesto ciertos rasgos del carácter de Einstein, a quien no le era fácil mudar de opinión. Leopold Infeld, Carl Seelig y Yuri Krutkov, cada uno por su parte, también se refieren a ello. Al mismo tiempo, cuando Einstein recibió la información sobre la autenticidad del "corrimiento al rojo", se consideró obligado a recordar una vez más a Fridman, ya difunto, y confirmar la prioridad del último en la elaboración de la concepción del Universo no estacionario.

La lógica del desarrollo de la cosmología relati-

vista hizo que 20 años después de la muerte prematura de Fridman, Einstein tuviera que defender activamente la concepción del Universo no estacionario[51]. Einstein rechaza varias objeciones contra esta idea. Subraya que el "esquema de Friedmann" es el más general, el que da solución al problema cosmológico. Al mismo tiempo, llega a la conclusión de que el descubrimiento del efecto de Hubble no puede interpretarse de otro modo que como expansión del sistema estelar, o sea, como confirmación experimental de la teoría de Fridman.

Desde la aparición de la teoría del Universo en expansión, elaborada por A.Fridman, han trascurrido 60 años. Esta teoría salió más desarrollada y fortalecida de la prueba del tiempo, en la que pasó por períodos de aguda crítica y olvido. Después de revisarse la escala de las distancias extragalácticas, se puntualizó la constante de Hubble, debido a lo cual el "tiempo de vida" del Universo creció hasta 10 ó 17 mil millones de años, eliminando en esta teoría la "paradoja del tiempo". La confirmación experimental de la "dispersión" de las lejanas galaxias en forma de "corrimiento al rojo", la radiación relicta descubierta en 1965 y, por último, el alto grado de isotropia del fondo relicto (hasta centésimas y milésimas partes del uno por ciento), establecido en 1976-1977 con el radiotelescopio RATAN-600, confirmaron el propio hecho de lo no estacionario de nuestra Metagalaxia y el cuadro de su pasado, elaborado teóricamente a fines de los años 40 por G.Gámov, basándose en la teoría fridmaniana.

Los resultados fundamentales de las investigaciones hechas por Fridman, conjuntamente con los resultados de Hubble fueron los anunciadores de la revolución astronómica moderna, basada en las ideas acerca del papel decisivo que desempeñan los fenómenos no estacionarios en los distintos estadios de desarrollo del Universo.

La brillante labor científica de A.Fridman, uno de los fundadores de la física soviética, galardonado en 1931 con el Premio Lenin, ha dejado una huella indeleble en la cosmología relativista, muchos de cuyos problemas no resueltos se elaboran en el marco de las ideas desarrolladas por él.

---

[1] A.Friedmann. "Uber die Krümmung des Raumes", *Zeitschrift für Physik*, 1922, B. 10, SS. 377-386.

[2] A.Einstein. "Kosmologische Betrachtungen sur allgemeinen Relativitäts theorie", *Sutzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften*, Berlin, Jg. 1917, I.Halbband. SS. 142-152.

[3] Ibid., S. 152.

[4] A.Einstein. *The Meaning of Relativity*, Princeton, 1946, p. 108.

[5] A.Einstein. "Kritisches zu einer von Hrn. De Sitter gegebenen Lösung der Gravitationsgleichungen", *Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenshaften*, Berlin, Jg. 18, I.Halbband, S. 271.

[6] C.Seelig. *Albert Einstein*, Zürich, 1960, p. 293.

[7] Véase *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, London, May, 1930, p. 668.

[8] A.Friedmann. *Ob. cit.*

[9] A.Einstein. "Bemerkung zu der Arbeit von A.Friedmann 'Über die Krümmung des Raumes'", *Zeitschrift für Physik*, Berlin, 1922, Bd. II, Heft 5, S. 326.

[10] V.A.Fok. "Los trabajos de A.A.Fridman sobre la teoría de la gravitación de Einstein", *UFN*, 1963, t. 80, fasc. 3, pág. 355.

[11] V.Ya.Frenkel. "Nuevos materiales sobre la discusión de Einstein y Fridman en torno de la cosmología relativista", *Recopilación de trabajos de Einstein*, 1973, Moscú, 1974, págs. 6-13 (en ruso).

[12] A.Einstein. "Notiz zu der Bemerkung zu der Arbeit von A.Friedmann 'Über die Krümmung des Raumes'", *Zeitschrift für Physik*, 1923, B. 16, S. 228.

13 A.Einstein. "Bemerkung zu der Arbeit von A.Friedmann 'Über die Krümmung des Raumes'", *Zeitschrift, für Physik*, Berlin, 1922, Bd. II, Heft 5, S. 326.

14 A.Einstein. "Bemerkung zu der Arbeit von A.Friedmann 'Über die Krümmung des Raumes'", *Zeitschrift für Physik*, Berlin, 1922, Bd. II, Heft 5, S.326.

15 V.Ya.Frenkel. "Nuevos materiales sobre la discusión de Einstein y Friedmann en torno de la cosmología relativista", *Ob. cit.*, pág. 12.

16 M.P.Bronshtein. "Estado actual de la cosmología relativista", *UFN*, 1931, t. II, fasc. I, pág. 172.

17 G.Lemaitre. *Ann. Soc. Sci.*, 47, 49, Bruxelles, 1927.

18 H.Weyl. *Zeitshrift für Physik*, 1923, Bd. 24, S. 230.

19 A.S.Eddington. *The Mathematical Theory of Relativity*, Cambridge, 1923, pp. 161-166.

20 M.P.Bronshtein. "Estado actual de la cosmología relativista", *Ob. cit.*, pág. 171.

21 W. de Sitter. "On the distances and radial velocities of extragalactic nebulae etc., Proc. Nat. Acad. USA, 16 274 (1930).

22 A.Friedmann. Über dir Möglichkeit einer Welt mir konstanter negativer Krümmung des Raumes", *Zeitschrift für Physik*, 1924, Bd. 21, SS. 326-333.

23 V.Ya.Frenkel. *Ob. cit.*, págs. 10-11.

24 A.Friedmann. "Über die Möglichkeit einer Welt mit konstanter negativer Krümmung des Raumes", *Ob.cit.*, S. 330.

25 Véase A.Friedmann. "Über die Krümmung des Raumes", *Zeitschrift für Physik*, 1922, Bd. 10, SS. 389-384.

26 Véase A.Friedmann. Über die Móglichkeit einer Welt..., *Ob. cit.*, S. 331.

27 Véase A.Friedmann. "Über die Krümmung des Raumes", *Ob. cit.*, SS. 385-386.

28 V.A.Fok. "Los trabajos de A.A.Fridman sobre la teoría de la gravitación de Einstein", *Ob. cit.*, pág. 356.

29 P.L.Kapitsa. "Alexandr Alexándrovich Fridman", *A.A.Fridman. Trabajos escogidos*, Moscú, 1966, pág. 397 (en ruso).

30 A.A.Fridman. *El mundo como espacio y tiempo*, Moscú, 2a. ed., 1965 (en ruso).

31 Ibid., pág. 9.

32 A.Friedmann. "Über die Möglichkeit einer Welt...", *Ob. cit.*, S. 331.

33 V.V.Kaziutinski, A.S.Karmin. "Problemas de la infinitud del Universo y la cosmología moderna", *Las ciencias naturales contemporáneas y la dialéctica materialista*, Moscú, 1977, pág. 289 (en ruso).

34 A.A.Fridman. *El mundo como espacio y tiempo*, ed.cit., pág. 101.

35 V.A.Fok. "Los trabajos de A.A.Fridman sobre la teoría de la gravitación de Einstein", *Ob. cit.*, págs. 353, 356.

36 A.F.Gavrílov. "Recordando a Fridman", *A.A.Fridmann. Trabajos escogidos*, ed.cit., pág. 420.

37 L.S.Polak. "Vida y creación científica de Alexandr Alexándrovich Fridman. 1888-1925", *A.A.Fridman. Trabajos escogidos*, ed.cit., pág. 444.

38 Ya.B.Zeldóvich. "La creación de Einstein y la astronomía", *Zemliá y vseléннaia*, 1979, N. 2, pág. 16.

39 A.S.Eddington. *Space, Time and Gravitation. An Outline of the General Relativity Theory*, New York, 1959, p. 161.

40 A.A.Fridman. *El mundo como espacio y tiempo*, ed. cit., págs. 10, 101.

41 V.Ya.Frenkel. "Nuevos materiales sobre la discusión...", *Ob. cit.*,págs. 10, 11.

42 A.Einstein. "Zum kosmologischen Problem der allgemeinen Relativitätstheorie". *Sitzungsberichte der Pruesseschen Akademie der Wissenschaften. Physikalish-mathematische Klasse*, Berlin,1931,SS.235-236.

43 Véase A.Einstein. "On the Relation between the Expansion and the Mean Density of the Universe" (with W. de Sitter), Proc. Nat. Acad., 1932, Vol. 18, pp. 213-214.

44 S.R.Mikulinski, M.B.Yaroshevski. "Percepción del descubrimiento como problema de cienciología", *El descubrimiento científico y su percepción*, Moscú, 1971, págs. 5-20 (en ruso).

45 C.Seelig. *Albert Einstein*. Zürich, 1960, p. 280.

46 A.Einstein. "A Brief Outline of the Development of the Theory of Relativity", *Nature*, 1921, Vol. 106, p. 784.

47 C.Seelig. *Albert Einstein*, ed. cit,. pp. 303,304.

48 A.Einstein. *On the Method of Theoretical Physics*, Oxford, 1933, p. 12.

49 Véase C.Seelig. *Albert Einstein*, ed. cit., pp. 276-280, 303-304.

50 C.Lanczos. *Albert Einstein and the Cosmic World Order*, New York, 1965, p. 14.

51 Véase A.Einstein. *The Meaning of Relativity*, Princeton, 1946, pp. 127-128.

DOCTRINA DE VERNADSKI SOBRE LA TRANSFORMACION DE LA BIOSFERA EN NOOSFERA

Alexandr Yanshin,
miembro efectivo
de la AC de la URSS

Vivimos una época compleja e interesante. Inexorablemente llega el fin del siglo XX. La humanidad se encuentra en los umbrales del siglo XXI. ¿Con qué nos acercamos a él? ¿Qué llevaremos al nuevo centenio? ¿Qué nombres serán familiares para las generaciones venideras? ¿Qué ideas adoptarán y desarrollarán con fervor y entusiasmo? Resulta bastante difícil dar respuesta a estas preguntas.No seré yo quien dé esos nombres ahora, pero estoy completamente seguro de que entre una buena decena de nombres sin duda alguna figurará Vladímir Vernadski, cuya vida fue la lucha del individuo libre y pensador por la existencia mejor en la Tierra. Con toda su actividad científica el académico Vernadski demostró la certeza de la idea genial expresada por Marx en los años 40 del siglo XIX cuando escribió que "las ciencias de la naturaleza han de perder su orientación abstractamente material o, más bien, idealista y se convertirán en la base de la ciencia *humana*, como ya se han convertido -bien que en forma alienada- en la base de la vida realmente humana; decir que hay *una* base para la vida y otra para la *ciencia* es, desde ya, una mentira"[1].

Vladímir Vernadski dedicó su vida a la ciencia en aras del hombre y para el hombre. Logró vèr la Tierra desde el Cosmos medio siglo antes del primer vuelo espacial; no solo la vio como un cuerpo del Sistema solar, sino que distinguió continentes y océanos, rocas y seres vivos, hombres y minerales, átomos y moléculas, vio que el hombre se convertía por primera vez en fuerza geológica que transformaba la faz de nuestro planeta.

Vernadski siguió su propio camino en la ciencia. En la época del impetuoso proceso de especialización, inherente a la ciencia del siglo XX, al no ser solo geó-

logo ni biólogo, ni historiador ni astrónomo, encarnaba los mejores rasgos característicos de los representantes de la filosofía de la naturaleza del siglo XVIII, que se afanaban por penetrar en la esencia de la naturaleza elaborando métodos para su conocimiento científico. Su intelecto universal hace recordar a Aristóteles, Leonardo de Vinci, Lomonósov, Buffon, Humboldt. Nuestra admiración sube de punto cuando conocemos cómo se "formó a sí mismo", cuando conocemos que ni su vida ni sus búsquedas y descubrimientos científicos fueron fáciles.

Hacia la idea de la noosfera

Vladímir Vernadski nació el 12 de marzo de 1863, hijo de un profesor de economía del Instituto Tecnológico de Petersburgo y del Liceo Alexandrovski. Sus primeros años transcurrieron en Járkov, ciudad a donde la familia se trasladó luego de enfermarse el padre. En 1873, ingresó en el gimnasio. Estudiaba con facilidad y deleite, leía mucho; le gustaba sobremanera pensar en todas las cosas del mundo, conocer más de la Tierra y el origen del hombre. Le influyeron altamente las pláticas con su padre y su tío Evgraf Korolenko, personas muy instruidas, a quienes les interesaban los problemas relacionados con la vida de cada ser humano y de la humanidad entera, eran enemigos de toda forma de subyugación del hombre y hablaban con el niño sobre el honor, la nobleza, la necesidad a ayudar al prójimo y hacer bien al hombre para lo cual hay que ser fuerte y valiente. "En la familia se rendía culto a los decembristas y reinaba una actitud fuertemente negativa hacia la autocracia y el régimen de servidumbre", recordaba más tarde Vernadski[2].

En las relaciones con familiares y amigos se formó el espíritu del naturalista, se forjó su ideal moral que él, en una carta, denominó "ideal de la santidad personal". Lo veía en la necesidad de hacer lo mejor, lo más honrado y óptimo posible para que antes de la muerte se pudiera decir: "Hice todo lo que pude hacer. No he hecho infeliz a nadie. He hecho todo para que después de mi muerte ocupen mi lugar muchos trabajadores como yo, ¡no!, mejores que yo, persiguiendo el mismo objetivo"[3].

En 1876, la familia se mudó a Petersburgo donde su padre abrió una "Tienda de libros" y la "Imprenta eslava". Vernadski gozaba ampliamente del derecho a leer cualquier libro en la tienda y la imprenta. Se graduó en el gimnasio en 1881, año en que leyó entusiasmado los libros *Kosmos* y *Ansichten der Natur*, de Alejandro Humboldt, ambos en alemán. Estas obras influyeron en la concepción científica del mundo de Vernadski, No era fácil decidir la futura especialidad: por un lado, le presionaba el interés por humanidades que era bastante fuerte en su familia, por otro, se afirmaba su creciente afición hacia las ciencias naturales.

El deseo de obtener nuevos conocimientos lo impulsaba a asistir a conferencias no solo en la sección de ciencias naturales de la Facultad de Física y Matemática de la Universidad de Petersburgo, en la que ingresó en 1881, sino también en otras facultades.

En la Universidad de aquellos años se concentraba la flor y nata del pensamiento ruso: Dmitri Mendeléev, Vasili Dokucháev, Nikolái Menshutkin, Andréi Bekétov, Andréi Famintsin, Nikolái Vágner y otros. Los estudiantes de la Universidad apreciaban directamente la vida de la ciencia, la lucha de las ideas, la génesis del alborar descubrimiento y las posibilidades de penetrar en lo más escóndito de la naturaleza.

Vernadski, siguiendo el consejo de Dokucháev, se dedicó a la mineralogía y la cristalografía, y las conferencias de Mendeléev lo indujeron a meditar sobre las peculiaridades de la química del planeta.

Siempre le atrajo la vida social. Era miembro de la confraternidad estudiantil, cuyos principios morales se formaron al impacto de las ideas de León Tolstoi, sus conceptos del bien, la verdad y el deber. Allí conoció al revolucionario populista Alexandr Uliánov (hermano de Vladímir Ilich Uliánov-Lenin), a la sazón secretario de la Sociedad estudiantil científico-literaria. La ejecución de Alexandr Uliánov en 1887 indignó y conmovió a Vernadski.

En 1885 Vernadski se graduó en la Universidad. Comenzó su vida independiente.

Viajaba mucho: hizo excursiones científicas por Europa, visitó museos de París, asistió al IV Congreso Internacional de Geología en Londres, trabajó en el Museo Británico, efectuó viajes a Gales, trabajó en Munich y

otra vez en París. En 1890 le invitaron a trabajar en la Universidad de Moscú. Durante 20 años Vernadski fue profesor en la Universidad. En ese período la cátedra de mineralogía recibía anualmente nuevas muestras, más aparatos y libros. Pero el trabajo profesoral solo constituía una parte de la actividad de Vladímir Vernadski, siendo la otra la científica. En el trabajo conjunto de estudiantes y profesores se formó la "escuela" de Vernadski. Los resultados de sus investigaciones se publicaban con frecuencia en el *Buleteñ* órgano de la Sociedad de Naturalistas de Moscú, la organización científica social más antigua de Rusia, de la cual Vernadski fue miembro activo. En aquellos tiempos se dedicaba al estudio de la historia de la ciencia. Pensador, científico de profesión y profesor, Vernadski siempre se encontraba en el centro de los acontecimientos que se operaban en el país. En 1911, junto con Kliment Timiriázev, Nikolái Zelinski, Piotr Lébedev, Nikolái Umov y otros profesores, abandonó la Universidad de Moscú en señal de protesta por las acciones antidemocráticas del gobierno contra la autonomía de la Universidad y se trasladó a Petersburgo donde pasó a trabajar en la Academia de Ciencias.

Después de la Revolución de 1917, a todos los profesores retirados se les propuso volver a la Universidad de Moscú. Vernadski permaneció trabajando en la Academia de Ciencias. La actitud del científico hacia la Academia siempre se distinguió por el respeto, puesto que en ella veía una fuerza poderosa cuyo objetivo era servir a la humanidad y enriquecerla con nuevos conocimientos y descubrimientos.

En Petersburgo, Vernadski reorganizó el Museo de Mineralogía de la Academia de Ciencias, continuó sus investigaciones y expediciones radiogeológicas y siguió estudiando las leyes de la respiración gaseosa de la Tierra. Su discípulo, el destacado geólogo Alexandr Sáukov, definió el trabajo de su maestro: "Reformó la mineralogía, dio contenido a la geoquímica, creó la biogeoquímica y la radiogeología"[4].

Cuando se inició la Primera Guerra Mundial, Vladímir Vernadski escribió sobre la necesidad de trabajar tenazmente, sin descanso, y reforzar la labor creadora y productiva de la población para poder emerger de la guerra "sin desastres". En 1915, atendiendo a la pro-

posición de cinco académicos Vladímir Vernadski, Borís Galitsin, Alexandr Karpinski, Nikolái Kurnakov y Nikolái Andrúsov), se constituyó, adjunto a la Academia de Ciencias, la Comisión permanente para el estudio de las fuerzas productivas de Rusia (CEFP), encabezada por Vernadski. La Academia se orientó a las ciencias aplicadas, hecho muy importante para tiempo de guerra. Como resultado del trabajo desarrollado por la Comisión, se inició la extracción de boro, aluminio y bismuto en Rusia y se organizaron varios institutos. Al mismo tiempo, Vernadski continuaba los trabajos de investigación acumulando materiales sobre minerales radioactivos, geoquímica y los problemas de la función de la materia viva en los procesos geoquímicos.

Tras la victoria de la Gran Revolución Socialista de Octubre, Vernadski participó intensamente en la fundación de la Academia de Ciencias de Ucrania. Entregaba todas sus energías al trabajo organizador y, creada la Academia, Vernadski fue su primer presidente. La Academia le debe mucho al prestigio y respeto que gozaba el científico. En 1919-1920, Vernadski dictó conferencias en la Universidad de Táurida (Crimea), donde maduró su firme decisión de crear un centro científico dedicado al estudio de la materia viva.

Las actividades científicas de Vernadski se ampliaron en gran medida a partir de Octubre. En Petrogrado continuó con sus obligaciones de director del Museo de Geología y Mineralogía y las de presidente del Consejo de la CEFP. En 1922 viajó a Francia para dictar un ciclo de conferencias en materia de geoquímica en la Universidad de París y, de regreso a Leningrado, a comienzos de 1926, fue reelecto presidente de la CEFP y de la Comisión para la historia de los conocimientos, de la Academia de Ciencias.

Parecía que los años nada podían contra el científico. Con entusiasmo juvenil se dispuso a resolver nuevos y difíciles problemas, formular ideas novedosas, escribir libros y artículos sobre la historia de los minerales, las aguas naturales, la circulación de sustancias y gases de la Tierra, el polvo cósmico, la geotermia, los problemas del tiempo en la ciencia contemporánea y la actividad geoquímica de la materia viva. En 1928 organizó el Laboratorio biogeoquímico de la Academia de Ciencias de la URSS.

Su vida fue difícil en los últimos años del 30. El peso de la edad, las enfermedades y lo vivido se dejaban sentir. Pese a todo continuó en la vanguardia de la ciencia meditando los planteamientos fundamentales de su teoría de la noosfera, dirigiendo el trabajo del Comité de meteoritos, llevando a cabo investigaciones acerca de la aplicación de los isótopos y dedicando mucho tiempo a los temas del uranio. Gracias a él,en la URSS se empezó a tomar medidas encaminadas a crear la industria atómica. Prestó notable atención al uso de la energía nuclear con fines pacíficos.

La aplicación práctica de los conocimientos científicos siempre se encontraba en el campo de visión del científico. Comprendía que la ciencia corresponde en plena medida a su misión solo cuando está dirigida a satisfacer los anhelos y las necesidades del hombre. Propagaba, en particular, las cualidades curativas del radio y contribuía a que en la práctica médica se implantaran los métodos de tratamiento correspondientes. Vernadski y sus discípulos hicieron mucho para revelar las causas y erradicar en la URSS las enfermedades endémicas. En trabajos dedicados a la biogeoquímica y a la materia viva enfocaba problemas ecológicos y de la producción agropecuaria. Junto con sus colaboradores trazó y elaboró nuevos métodos para prospectar minerales. La actividad científica de Vernadski se jalona por relaciones internacionales cada vez más amplias. En Checoslovaquia, Polonia, Francia, Italia, EE.UU., Inglaterra, Alemania, Noruega, Japón, India y otros países trabajaban hombres que pensaban como él y le seguían, con quienes se encontraba durante sus viajes al exterior, mantenía correspondencia o intercambiaba ideas. Cuando la Guerra Patria interrumpió el trabajo pacífico de los soviéticos, Vernadski se dirigió por radio a científicos británicos, habló de los estrechos vínculos entre los científicos rusos e ingleses, expresó su profunda convicción de que el enemigo común sería derrotado y que la justicia triunfaría. Creía que la fusión de la ciencia y la cultura de esos dos países crearía las condiciones para el florecimiento feliz de la ciencia y la cultura en todo el mundo[5].

La Academia de Ciencias fue evacuada de Moscú, y Vernadski vivió dos años en Kazajstán, continuando su trabajo en el libro *Estructura química de la biosfera*

de la Tierra y su entorno[6]. A finales de agosto de 1943 regresó a Moscú. Cuando muere su esposa, amiga y colaboradora, queda solo, pero prosigue trabajando intensamente. Estaba seguro de que después de la guerra "debería incrementarse la importancia moral de los científicos rusos en el ámbito internacional"[7]. Se acercaba la victoria, pero la edad, los sufrimientos motivados por la guerra, la información periodística acerca de la barbarie nazi hicieron que empeorara su salud: Vladímir Vernadski murió el 6 de enero de 1945.

El académico Vernadski es gran sabio, naturalista y pensador ruso, uno de los fundadores de la geoquímica, la radiogeología, la mineralogía genética, creador de la biogeoquímica, autor de la teoría de la biosfera y su carácter organizado, elaboró la teoría de la transformación de la biosfera en la noosfera.

Vernadski, uno de los más destacados representantes de la escuela de Dokucháev, fundó la escuela geoquímica soviética. Entre sus numerosos discípulos figuran destacados naturalistas como los académicos Alexandr Fersman, Vitali Jlopin y Alexandr Vinográdov.

La escuela de Vernadski trascendió las fronteras de su patria. Bajo la influencia directa de sus ideas en varios países se desenvuelven intensamente las investigaciones en la biogeoquímica y la doctrina sobre la biosfera (Francia, EE.UU., etc.). Es evidente también la influencia fructífera que su herencia científica ejerce en los historiadores de la ciencia y la sociedad, filósofos, sociólogos, ecólogos y cienciólogos.

Materialista convencido, Vernadski es para la historia de las ciencias naturales a nivel nacional e internacional, profeta de la revolución científico-técnica contemporánea. Su genio supo ver y comprender el papel cosmoplanetario del pensamiento científico, como nueva fuerza geológica que cambia la faz del planeta, la unidad de las leyes sociohistóricas e histórico-naturales de la evolución de la humanidad y predicar el futuro de nuestro planeta: la transformación de la biosfera en la noosfera. En 1921 escribió Vernadski: "No está lejano el tiempo en que el hombre recibirá en sus manos la energía atómica: una fuente de fuerza que le dará la posibilidad de construir su vida como se le antoje... ¿Podrá el hombre aprovecharse de esta fuer-

za, orientarla para el bien y no para la autodestrucción? ¿Ya está preparado para aprovechar la fuerza que inevitablemente le tendrá que dar la ciencia?"[8]. La obra del propio Vernadski respondió a estos interrogantes.

Creó la doctrina de la inevitable autotrofia de la humanidad en el futuro, de su liberación, mediante nueva tecnología sobre la base de la síntesis de los compuestos orgánicos a partir de los inorgánicos, de la necesidad de obtener muchos productos de importancia vital tradicionalmente suministrados por organismos vegetales y animales; la doctrina de la isotopotopia y la simetría molecular; planteó el problema de la interacción de las materias inerte y viva en la Tierra y en el espacio cósmico; desarrolló la teoría de nuevas fuentes de energía (cósmicas y solares) y su papel en la evolución de la materia viva. Estas nuevas orientaciones científicas abren amplias perspectivas y permiten mirar con optimismo al futuro y crear en la posibilidad de superar los pronósticos ecológicos pesimistas, tan difundidos en la actualidad, sobre las crisis mundiales ecológicas y otras.

Transcurren los años, pero el interés por la obra de Vernadski no disminuye. Se evidencia que una solución exitosa de los complejos problemas globales planteados actualmente en primer plano, incluidos los ecológicos, es imposible sin que nos dirijamos a la teoría de Vernadski sobre la biosfera y la noosfera.

Teoría de la biosfera

La teoría de la biosfera de la Tierra constituye una de las más grandes e interesantes generalizaciones de Vernadski en las ciencias naturales.

Vernadski era persona muy escrupulosa en ética científica. De ahí que en diversas obras señalara que el término de "biosfera" no le pertenecía, que lo empleó por primera vez a comienzos del siglo pasado Juan Bautista Lamarck y fue el científico austríaco Eduardo Suess quien en 1875 le dio sentido geológico definido. Sin embargo, no fueron ni Lamarck ni Suess quienes crearon una doctrina íntegra expresada con ese término, sino Vernadski.

Sus principales ideas en esta cuestión se formaron

a comienzos del siglo y las presentó en conferencias dictadas en París. En 1926 fueron publicadas en *Biosfera*[9], libro compuesto de dos ensayos. El primero, "Biosfera en el Cosmos", el segundo, "Esfera de la vida". Posteriormente, Vernadski analizó diferentes aspectos de la doctrina en numerosos artículos y en la extensa monografía *Estructura química de la biosfera de la Tierra y su entorno.*

En este artículo enfocamos únicamente los aspectos fundamentales de la teoría de Vernadski sobre la biosfera.

En primer lugar, definió el espacio que abarca la biosfera de la Tierra: es toda la hidrosfera hasta las máximas profundidades del océano, la parte superior de la litosfera de los continentes hasta una profundidad de 2 a 3 km (a tales profundidades en las aguas subterráneas todavía se encuentran organismos vivos) y la parte inferior de la atmósfera, por lo menos hasta el borde superior de la troposfera. En sus primeros trabajos definió la biosfera como región de la Tierra caracterizada por la vida, pero más tarde rechazó este término puesto que la palabra "vida" puede entenderse en varios sentidos. Introdujo en la ciencia la noción integral de la "materia viva" y pasó a denominar biosfera la esfera de la Tierra en que existe "materia viva". Recopiló y analizó todos los datos existentes con objeto de definir el peso total de tal materia y llegó a la conclusión de que en nuestro planeta es de 10^{20} a 10^{21} gramos, es decir, de mil a diez mil billones de toneladas.

Vernadski investigó escrupulosamente el balance energético de varios planetas del Sistema solar y, en especial, el problema de la magnitud de la energía térmica y electromagnética que la Tierra recibe del Sol. Resultó equivalente a 170×10^{12} kW. Consideraba la biosfera como esfera de conversión de esa energía cósmica, esclareció las leyes de difusión de la "materia viva" en la biosfera, estudió las regularidades cuantitativas de la multiplicación de diferentes grupos taxonómicos de organismos y la energía geoquímica de la "materia viva" recurriendo siempre, en lo posible, a la deducción de fórmulas matemáticas de los procesos que estudiaba.

Son sumamente interesantes varias conclusiones pura-

mente biológicas de Vernadski.Tras efectuar un detallado estudio de la función de los gases en los procesos vitales concluyó que en el mundo de los organismos, la biosfera, se desarrolla una lucha encarnizada por la existencia: no solo por los alimentos, sino también por el gas necesario, siendo esta la más importante lucha por ser la reguladora de la multiplicación. La respiración determina la máxima energía geoquímica posible por cada hectárea de superficie.

En sus obras dedicadas a la biosfera Vernadski enfatizó la importancia de la materia viva verde de los vegetales, porque solo ella es autotrófica, solo ella es capaz de acumular la energía de los rayos solares creando compuestos orgánicos primarios.Mediante el análisis del volumen y de los coeficientes energéticos de distintos grupos de plantas,Vernadski estableció que los protistas verdes del océano son principales transformadores de la energía solar en la química de nuestro planeta,con la particularidad de que este resultado se logra gracias a la alta velocidad de multiplicación de la sustancia orgánica verde del mar.

Con el fin de explicar el gran valor de la energía total de la biosfera, Vernadski realizó interesantes cálculos. Estimó que la superficie de la Tierra es poco menor que el 0,0001% de la del Sol, pero la superficie verde de su aparato de transformación, o sea, la superficie de las hojas de árboles, tallos de hierbas y área de las algas verdes ofrece cifras de un orden completamente distinto. En diferentes estaciones del año alcanza del 0,86% al 4,2% de la superficie del Sol.

Cálculos realizados últimamente por biofísicos soviéticos mediante los aparatos modernos y la información recibida de los satélites corroboran el orden de las cifras y los cálculos realizados por Vernadski hace más de medio siglo.

La cantidad de energía que contiene la "materia viva" de nuestro planeta puede ser calculada.Según los cálculos del destacado científico sueco Svante Arrhenius, la vegetación verde de los continentes en forma de sus compuestos combustibles contiene 1,6 x 10^{17} de calorías grandes. Vernadski consideraba que para toda la biosfera esta cantidad es mayor y alcanza 10^{18} o hasta 10^{19} de calorías grandes, correspondiendo anotar que

la materia verde de la biosfera solo capta dos o tres centésimos por ciento de la energía solar que llega a la superficie de la Tierra, hecho que ofrece incitantes perspectivas para su aprovechamiénto más pleno.

Parte considerable de la energía de la "materia viva" se consume por la formación, en la biosfera, de nuevos minerales groroilitas, desconocidos fuera de ella, mientras que otra parte se entierra en la forma de la propia sustancia orgánica formando, en definitiva, yacimientos de lignito y hulla, esquistos combustibles, petróleo y gas. "En este caso se trata -escribió Vernadski- de un nuevo proceso de una lenta penetración, en las profundidades del planeta, de la energía de los rayos solares que alcanzaron la superficie de la Tierra.. De esta manera la "materia viva" cambia la biosfera y la corteza terrestre. Deja en ella incesantemente una parte de elementos químicos, que la atraviesan formando enormes capas de minerales groroilitas desconocidos fuera de ella o atravesando con el polvo finísimo de sus restos la materia inerte de la biosfera"[10].

Vernadski pensaba que la corteza terrestre resulta, en general, de restos de biosferas antiguas y que su capa granítica gneísica se formó como resultado del metamorfismo y fundición de rocas que surgieron mucho antes por influencia de la materia viva. Unicamente los basaltos y otras rocas magmáticas básicas, las consideraba profundas, no relacionadas por su génesis con la biosfera.

Recientes investigaciones cósmicas hacen que percibamos con mayor atención esta idea de Vernadski. En la Luna no se encontraron elementos vivos y por eso no había granitos. Los "mares" lunares están inundados de basaltos y los "continentes" están formados de anortositas: rocas magmáticas básicas. Las rocas de la superficie de Venus, la composición de cuya superficie se verificó por vez primera en 1981, también resultaron ser basaltos.

Vernadski prestó mucha atención en sus trabajos a las formas de encontrar diferentes elementos químicos en la biosfera y a la división de la "materia viva" de la biosfera por fuentes de nutrición en autotrófica, heterotrófica y mixotrófica; al estudio del campo de la estabilidad de la vida o límites de la vida; a las

peculiaridades de la vida en la hidrosfera y en la tierra; a los ciclos geoquímicos de las condensaciones de la vida y las capas vivas de la hidrosfera.

Voy a enfocar más detalladamente un problema que es el más interesante desde el punto de vista filosófico: el de la evolución de la biosfera.

En sus trabajos de los años 20, Vernadski consideraba invariable el volumen y peso de la "materia viva" de la biosfera a lo largo de la historia geológica de la Tierra. Suponía que en el proceso de la evolución biológica solo se cambiaban las formas de manifestación de la vida. Ya en aquellos tiempos y hasta en los primeros trabajos escribía mucho sobre las grandes transformaciones de la biosfera al impacto de la actividad humana, sobre los factores antropógenos de los procesos geológicos, pero consideraba este fenómeno como nuevo y sobrepuesto a la existencia estable de la biosfera. En los trabajos posteriores, a mediados de los años 30, Vernadski revisó este punto de vista y concluyó que la biosfera, según la masa de "materia viva", su energía y grado de organización en la historia geológica de la Tierra, estaba en constante evolución, cambio; que la influencia de la actividad humana constituyó una etapa lógica de esta evolución y que, como resultado la biosfera cambiará inevitablemente de modo radical y pasará a un nuevo estado que Vernadski ya no denominaba biosfera, sino noosfera: esfera de la razón humana.

Transformación inevitable de la biosfera en noosfera

Se puede afirmar sin vacilar que la teoría sobre la transformación de la biosfera en noosfera constituye la cumbre de la obra de Vernadski. Para elaborar esta teoría tuvo que emplear y sintetizar además del material geológico y biológico, el sociohistórico.

El término de "noosfera", así como el de "biosfera", no pertenece originalmente a Vernadski, quien durante toda su actividad infatigable y poderosa procuraba no mancillar la literatura científica con palabras sobrantes. Este término lo emplearon por vez primera en 1926-1927 Pierre Teilhard de Chardin y Edouard Le Roy en artículos escritos después de asistir a las confe-

rencias de Vernadski en Sorbona en 1922-1923, dedicadas a los problemas de la bioquímica y la biogeoquímica. Sin embargo, en la interpretación de Teilhard de Chardin el término de "noosfera" tenía un sentido místico. Lo empleaba como sinónimo del "reino de la razón humana", impregnado de una única concepción religiosa del mundo.

Vernadski empezó a emplear el término de "noosfera" solo a comienzos de los años 30, pero en un sentido sustancialmente diferente que el de sus autores: el estrictamente materialista. Para Vernadski la "noosfera" no es un reino abstracto de la razón, sino etapa históricamente necesaria del desarrollo de la biosfera. En 1926, en el artículo *Ideas acerca de la importancia actual de la historia de los conocimientos*, escribió: "La biosfera, formada durante todo el período geológico y establecida en sus equilibrios comienza a transformarse más fuerte y profundamente al influjo del pensamiento científico de la humanidad"[11].

La biosfera de la Tierra, cambiada por el pensamiento científico y transformada para que pueda satisfacer todas las necesidades de una humanidad creciente, es la que posteriormente denominó "noosfera".

Es importante acentuar ese hecho ya que en guías, enciclopedias y literatura de divulgación científica se han dado numerosas definiciones erróneas de este término, no coincidentes con el criterio de Vernadski.

Vladímir Vernadski llegó a la idea general que constituye la base de su teoría de la noosfera ya en sus primeras obras, de finales del siglo pasado. Esta idea maduró en forma de una concepción definida del carácter creador de la razón humana que no solo refleja el mundo exterior, sino que influye activamente por medio del trabajo en las condiciones de existencia del hombre. En cartas, diarios, artículos y comentarios de aquel período, en muchas oportunidades Vernadski fundamentó la idea del carácter activo de la razón humana. En 1892 escribió: "Cuando se analiza la vida cotidiana que nos rodea se puede... ver un permanente deseo del pensamiento humano de esclavizar, de apoderarse de hechos que a primera vista parecen ser espontáneos... Desaparece rápidamente el individuo, pero muy a menudo en la vorágine de la vida se manifiesta su pensamiento

y la influencia de su trabajo. En esencia, en toda la historia hay una incesante lucha de las estructuras conscientes de la vida contra el orden inconsciente de las leyes muertas de la naturaleza, y en esta tensión de la conciencia radica la belleza de los fenómenos históricos, su sitio original ente los demás procesos naturales"[12].

A comienzos de nuestro siglo emprendió Vernadski una investigación detallada del problema de la actividad geológica del hombre. Estudió, primero en el marco de la mineralogía genética y la geoquímica y, más tarde, en el de la biogeoquímica, los muy diversos procesos geológicos que se desenvuelven en el planeta, yendo indefectiblemente, de modo invariable y profundo, característico en él, a la influencia del hombre en esos procesos. En trabajos como *Historia de los minerales de la corteza terrestre*[13], *Materia viva en la química del mar*[14], *Materia viva en la corteza terrestre*[15], *Biosfera*[16], *Autotrofia de la humanidad*[17] se concretó definitivamente el círculo de sus ideas que sustentan la teoría de la noosfera, que desarrolla posteriormente.

Vernadski intentó dar respuesta al interrogante de cuáles son las condiciones o premisas realmente existentes de la formación de la noosfera, que se han creado o se crean en la actualidad en el proceso del desarrollo histórico de la humanidad. Según él, las premisas fundamentales de la formación de la noosfera son:

1. La humanidad se hizo un todo íntegro. La historia mundial abarca, como un todo, el globo terrestre, puso fin definitivo a esferas culturales históricas del pasado aisladas y poco dependientes unas de las otras. Ahora no hay un solo rincón de la Tierra donde el hombre no pueda vivir si es necesario. Las estaciones científicas a la deriva en los hielos del océano Glacial Artico y en la Antártida constituyen el mejor testimonio de esta idea de Vernadski.

2. La transformación de los medios de comunicación e intercambio. La noosfera es un todo único organizado cuyas partes están armónicamente entrelazadas y funcionan en coordinación recíproca a los más diversos niveles. La condición indispensable en este caso es la comunicación rápida, segura y a la más larga distancia entre estas partes, el intercambio material per-

manente entre ellas, así como el intercambio multilateral de información. Esta condición, destacaba Vernadski, ya existe en rasgos generales, pero las posibilidades de su perfeccionamiento están lejos de haberse agotado.

3. El descubrimiento de nuevas fuentes de energía. La creación de la noosfera supone una transformación tan radical del medio habitado por el hombre que éste no podrá realizar sus planes sin cantidades colosales de energía. "A finales del siglo pasado se descubrió sorprendentemente una nueva forma de energía, cuya existencia previeron contadas mentes: la atómica, a la que pertenece el próximo futuro y que dará a la humanidad un poder aún mayor cuya magnitud apenas podemos concebir ahora"[18].

4. El auge del bienestar de los trabajadores. La noosfera se crea por la razón y el trabajo de las masas populares y por eso no cabe duda en cuanto a la importancia de esta premisa. Pese a que esta tarea planteada a escala del planeta entero, aún está lejos de cumplirse, las posibilidades potenciales para esto ya existen.

5. La igualdad de todos los hombres. La noosfera, que abarca todo el planeta como un todo único, por su esencia no puede ser privilegio de una nación o raza. Es obra de las manos y la razón de todos los pueblos. En la actualidad, escribía Vernadski, "la idea de la igualdad de toda la humanidad y la igualdad en derechos de las razas negra, amarilla, roja y blanca arraigó profundamente en la conciencia habitual y científica del mundo"[19]. No está lejano el tiempo en que los oprobiosos fenómenos del colonialismo y el yugo nacional desaparecerán para siempre del planeta y en la vida de la sociedad reinará definitivamente una nueva época que se caracterizará no por el sojuzgamiento de los débiles por los fuertes, sino por la "interacción pacífica de toda la humanidad en el terreno de la vida económica y cultural"[20].

6. La exclusión de las guerras de la vida de la sociedad. En el siglo XX la guerra, que amenaza la sobrevivencia de la humanidad, se convirtió en el más grande obstáculo en el camino hacia la noosfera. Esto significa que sin eliminar este obstáculo resulta prácticamente imposible lograr la noosfera y, al contrario,

la eliminación del peligro de la guerra significará que la humanidad ha dado un paso importante hacia la creación de la noosfera. Vernadski escribía que no hay tarea más noble y humana que la lucha por impedir el autoexterminio de la humanidad[21]. Es esta la causa por la cual lucha el Partido Comunista de nuestro país, y esta lucha cada vez encuentra mayor apoyo en el mundo entero.

La noosfera, estimaba Vernadski, es un nuevo entorno geológico de la Tierra, creada sobre fundamentos científicos. El pensamiento científico único abarca todo el planeta, todos los Estados que se encuentran en él. Por doquier se fundaron centros del pensamiento científico y de búsquedas científicas. Es la primera y principal premisa de la transformación de la biosfera en noosfera. En realidad, la ciencia es la fuerza máxima de la creación de la noosfera.

Vernadski señalaba que en el presente la capacidad del conocimiento científico no se aprovecha en plena medida, ya que muy a menudo "el atraso social impide que se manifieste la revolución que se opera en las fuerzas reales del hombre"[22]. En este caso acude en ayuda de la ciencia otra fuerza rectora de nuestro tiempo que transforma la biosfera en noosfera: las masas populares. Gracias a las actividades de las masas se operan en el planeta transformaciones revolucionarias de magnitudes sin igual antes en las relaciones sociales. En nuestra época es cuando "por primera vez en la historia de la humanidad los intereses de las masas populares... definen la vida de la humanidad y constituyen criterio de sus ideas de la justicia"[23].

La noosfera resulta de la acción de los dos más grandes procesos revolucionarios de nuestro tiempo canalizados en un torrente único: en el campo del pensamiento científico, por un lado, y en el de las relaciones sociales, por otro. He aquí por qué la creación de la noosfera solo es posible como resultado de la unión inseparable de las fuerzas que constituyen la base de estos procesos, es decir, la ciencia y las masas trabajadoras. Ahora vemos que en los países de la comunidad socialista ya existe tal unión inquebrantable, y los rasgos evidentes de esta unión los observamos en la vida de la mayoría de los países en desarrollo.

En el proceso de creación de la noosfera, Vernadski atribuyó importancia especial a "las bases científicas de la obra de C.Marx y F.Engels", es decir, al marxismo como teoría verdaderamente científica del desarrollo social, que puso al descubierto las causas y el mecanismo de la explotación económica, la riqueza de los unos y la miseria de los otros, que demostró la inevitabilidad objetiva de la estructuración de las relaciones sociales sobre los nuevos principios socialistas. "Marx fue más destacado hombre de ciencia, quien en *El Capital* obtuvo los resultados siguiendo un camino científico exacto: el método del historiador y economista pensador", señalaba Vernadski[24]. Apreció altamente la circunstancia de que "C.Marx reconocía la enorme importancia de la ciencia en el futuro régimen socialista"[25]. Según Vernadski, esta importante tesis del socialismo científico no puede considerarse casual, puesto que está lógicamente vinculado con la concepción marxista general del conocimiento científico, la comprensión por C.Marx de la ciencia como fuerza productiva fundamental de la sociedad.

Con la transición a la sociedad comunista el proceso de creación de la noosfera se transforma de espontáneo en consciente. Fue la revolución socialista en Rusia la que dio comienzo a este proceso. "Ante el telón de fondo de la nueva comprensión de la biosfera y su transformación en noosfera, la creación del Estado socialista, que abarcó una sexta parte de la tierra firme, y las ideas que forman su base adquieren una importancia extraordinaria -escribió Vernadski en 1938-. Vemos aquí el comienzo de la transición al régimen estatal de encarnación consciente de la noosfera"[26].

Un obstáculo extremadamente grande y serio, destacaba, que se interpuso ante la humanidad en su camino hacia la noosfera fue la guerra que estalló en 1939: la conflagración más cruel y sangrienta de todas las que se han conocido en la historia. La guerra abarcó casi todo el planeta, adquirió carácter mundial y segó la vida de millones de personas. Con eso la Segunda Guerra Mundial frenó el proceso de creación de la noosfera, pero no logró aplastarlo ni aniquilarlo. Aún más, la Gran Guerra Patria -como en varias ocasiones señaló Vernadski- fue la lección más ilustrativa para quienes trataron de parar mediante la fuerza el desa-

rrollo de este proceso. Tan pronto el fascismo atentó contra el grandioso proceso natural y social de creación de la noosfera, que se desenvolvía en el planeta, desde el principio quedó condenado a la derrota. Tal era la convicción profunda del científico.

Vernadski falleció unos meses antes de concluir la guerra. Su último artículo *Unas palabras sobre la noosfera* se publicó a comienzos de 1944. Expone allí, con máxima exactitud, las ideas sobre la evolución de la biosfera. Dice que la noosfera es el último de los múltiples estados de la evolución de la biosfera en la historia geológica de la Tierra y termina el artículo con las siguientes palabras:

"Ahora atravesamos una nueva evolución geológica de la biosfera. Entramos en la noosfera. Entramos en ella -nuevo proceso geológico espontáneo- en un tiempo tormentoso, en la época de la destructora guerra mundial.

Mas para nosotros es trascendente que los ideales de nuestra democracia se desarrollan al unísono con el proceso geológico espontáneo, con las leyes de la naturaleza y responden a la noosfera.

Por eso podemos mirar con seguridad al futuro. Está en nuestros manos. No lo vamos a soltar".

---

1 Carlos Marx. *Manuscritos de 1844 (Economía Política y Filosofía)*, Buenos Aires, 1968, pág. 156.

2 I.I.Mochálov. *Vladímir Ivánovich Vernadski (1863-1945)*, Moscú, 1982, pág. 29 (en ruso).

3 Ibid., pág. 74.

4 A.A.Sáukov. "Vladímir Ivánovich Vernadski", Buletín de la Sociedad Moscovita de Naturalistas, sección geológica, 1963, N. 3, pág. 102 (en ruso).

5 Véase "The Common enemy will be vanquished", *By joint efforts we shall end hitlerism*, Moscow, 1941.

6 Véase V.I.Vernadski. *Estructura química de la biosfera de la Tierra y su entorno (1944)*, Moscú, 1965 (en ruso).

7 V.S.Neapolitánskaia, "De las opiniones expresadas por V.I.Vernadski", *Vida y obra de Vladimir Ivánovich Vernadski según memorias de sus contemporáneos* (en el centenario del natalicio. *Ensayos sobre la historia de los conocimientos geoquímicos*, fasc. II), Moscú, 1963, pág. 89 (en ruso).

8 V.I.Vernadski. *Ensayos y discursos*, Petrogrado, 1922, fasc. I, pág. 2 (en ruso).

9 Véase V.I.Vernadski. *Obras escogidas*, t. V, *Biosfera*, Moscú, 1960 (en ruso).

10 Ibid., pág. 49.

11 V.I.Vernadski. *Obras escogidas sobre la historia de la ciencia*, Moscú, 1981, pág. 231 (en ruso).

12 V.I.Vernadski. "De los apuntes, 1892", *Páginas de la biografía de V.I.Vernadski*, Moscú, 1981, pág. 118 (en ruso).

13 Véase V.I.Vernadski. "Historia de los minerales de la corteza terrestre", *Obras escogidas*, t. IV, libro I, Moscú, 1959 (en ruso).

14 Véase V.I.Vernadski. "Materia viva en la química del mar", *Obras escogidas*, t. V, ed.cit.

15 Véase V.I.Vernadski. *Materia viva en la corteza terrestre*, Moscú, 1978 (en ruso).

16 Véase V.I.Vernadski. *Obras escogidas*, ed.cit.

17 Véase V.I.Vernadski. "Autotrofia de la humanidad", *Problemas de la biogeoquímica. (Trabajos del laboratorio biogeoquímico)*, t.XVI, Moscú, 1980, págs.228-245 (en ruso).

18 V.S.Neapolitánskaia. *Ob.cit.*, pág. 327.

19 Ibid., pág. 271.

20 V.I.Vernadski. *Ensayos y discursos*, ed.cit.,pág. 52.

21 Véase ibid., pág. 133.

22 V.I.Vernadski. *"Pensamiento científico como fenómeno planetario", Reflexiones de un naturalista,* libro 2, Moscú, 1977, pág. 66 (en ruso).

23 V.S.Neapolitánskaia. *Ob.cit.*, pág. 271.

24 V.I.Vernadski. *Ob.cit.*, pág. 76.

25 Ibid., pág. 67.

26 Ibid., págs. 81-82.

27 Véase V.I.Vernadski. "Unas palabras de la noosfera", *Problemas de la biogeoquímica. (Trabajos del laboratorio biogeoquímico),* t. XVI, ed.cit., págs. 212-222.

GALVANI Y VOLTA: LO TRAGICO Y LO NOBLE DE UN DUELO

Olga Lézhneva,
candidata a doctora en
Ciencias Físico-Matemáticas

El ampliamente conocido debate de fines del siglo XVIII, del que se tratará en este artículo, con más o menos detalles se menciona en cada curso de historia de la física como la prehistoria de la invención de la columna voltaica, destacando la significación de los experimentos de Galvani para la electrofisiología. En este artículo serán precisados algunos hechos y sus interpretaciones, mas el cometido principal de la autora es otro.

El condicionamiento tanto socioeconómico como lógico del desarrollo de la ciencia, en definitiva, se expresa en la actividad de los científicos, quienes se forjan según la educación, la instrucción y la influencia de los más diversos factores del medio circundante y del patrimonio cultural. Cuando se trata de descubrimientos que hicieron época, el estudio de la personalidad y del destino del sabio es inevitablemente uno de los elementos de la investigación histórico-científica. Más prometedor aún es el análisis de la historia de un descubrimiento surgido a raíz de un conflicto entre dos cerebros equivalentes, y si además dicho conflicto conduce no a uno sino a varios descubrimientos, sienta el fundamento de ciencias nuevas y revoluciona la técnica. Para un análisis tal tienen importancia no solo el contenido científico del debate, sino también su ética. El destino personal y las particularidades del carácter del estudioso pueden influir sustancialmente en la intensidad del trabajo, la conducta durante la disputa y, al fin y al cabo, los resultados de la misma.

El cometido de la autora consta de examinar la polémica en su dinámica, atendiendo a las particularidades de la educación, el carácter, la trayectoria científica anterior y las circunstancias exteriores de la vida de

los dos participantes principales, así como indagar la influencia que la misma ejerció en el desarrollo ulterior de la ciencia y en sus destinos. El concepto amplio de ciencia se emplea aquí de manera inevitable, ya que en el debate se abordaron problemas de la biología y la física, y a raíz de ello se sentaron las bases de la electrofisiología, la electroquímica, la electrodinámica y la electrotécnica.

Desde el comienzo aclaramos que, aunque las ideas fundamentales y los experimentos decisivos se debieron a Galvani y Volta, se incorporaron al debate varios sabios de diferentes países[1]. Su papel se redujo a repetir exitosamente diversos experimentos -lo que, claro está, es de suma importancia- o bien a "votar" a favor de uno de los geniales italianos, o incluso, como en el caso de Alejandro Humboldt, a promover sus propias concepciones fisiológicas, cuyo análisis escapa a nuestros propósitos: hace ya mucho tiempo se ha hecho por Lebedinski tanto en el plano científico, como en el filosófico (Lebedinski, 1937).

Luigi (Aloisio Domenico) Galvani (1737-1798) era integrante de una familia conocida en Bolonia desde el siglo XIII. Las tradiciones de la ciudad natal influyeron decisivamente en su personalidad y en la elección de su camino en la vida. Pese a los numerosos tijeretazos dados al mapa de la fragmentada Italia, a lo largo de varias centurias Bolonia fue posesión del Papa. La educación religiosa en combinación con las particularidades de la introvertida personalidad de Galvani hicieron que le atrajera el claustro. Pero Bolonia también era famosa por las tradiciones de la escuela anatómica de la Universidad, fundada en el siglo XII. No es de extrañar por ello que el joven Galvani atendiera los consejos de sus familiares y cambiara de intención, dedicándose a la medicina práctica y a los estudios científicos de anatomía y fisiología, aún no del todo separada de la primera. Tras graduarse en la facultad de Medicina de la Universidad (1759) y defender su tesis consagrada al estudio del esqueleto humano (1762), se recibió de doctor en Medicina, luego fue profesor titular de la Escuela de Anatomía, conservador del Museo Anatómico (1767) y Presidente de la Academia de Ciencias de Bolonia (1772). Sus conferencias se distinguían, más que por el arte oratoria, por sus brillantes demostraciones.

Conjugó la labor docente con la investigación, y al comienzo de su carrera, también con la práctica como cirujano y tocólogo. En 1762, el profundo y prolongado amor de Galvani hacia Lucia Galeazzi fue coronado por nupcias. El padre de Lucia, el profesor Domenico Maria Gusmano Galeazzi (1686-1775) -uno de los maestros de Galvani- ocupó durante 40 años el cargo de profesor titular de filosofía naturalista de la Universidad de Bolonia, fue un sabio talentoso con amplios intereses científicos, incluyendo la anatomía y la física. Cuatro veces fue elegido Presidente de la Academia de Ciencias de Bolonia. En la casa de los Galeazzi, donde se domiciliaron al comienzo los jóvenes esposos, existía un ambiente favorable para la creación científica. Galvani experimentaba y escribía mucho, pero debido a su poca ambición y exigencia para consigo mismo publicó poco. Muchos de sus importantes trabajos de anatomía y fisiología fueron publicados por Gherardi solo 50 años después de su muerte.

¿Fue una casualidad el que el nombre del médico y fisiólogo Galvani quedara indisolublemente ligado a la historia de la física?

En los años 60 y 70, cuando comenzaba la carrera científica de Galvani, el empleo en medicina de máquinas electroestáticas y de las botellas de Leiden era ya un hecho consumado, si bien no del todo conceptuado teóricamente, corolario natural del descubrimiento de la reacción fisiológica (muscular) del hombre a la descarga eléctrica. Según el bien documentado resumen de Hoff, fisiólogo de la Escuela de Medicina de la Universidad de Yale, ya en 1747 Antoine Louis (1723-1752) había demostrado en París que los músculos paralizados se contraían bajo el efecto de la descarga de la botella de Leiden, y los atrofiados, no se contraían, y hacia 1780 tan solo en la revista de medicina francesa se habían publicado 12 artículos sobre el empleo del shock eléctrico en casos de parálisis[2].

En el tratado de Albrecht von Haller (1708-1777), publicado en Lausana en 1760, se habían ya descrito las observaciones de la contracción de los músculos de una rana disecada al comunicársele una carga eléctrica. Todo ello impulsó la búsqueda del nexo existente entre los procesos fisiológicos y eléctricos, con la particu-

laridad de que las primeras hipótesis se referían precisamente a la explicación del mecanismo del movimiento muscular. Walker indagó detalladamente cómo las hipótesis de fines de los siglos XVII-XVIII sobre la mezcla en el músculo de fluido nervioso y de sangre arterial -interpretados de una u otra manera-, o de sus componentes, o sobre la transmisión de cierta vibración etérea por los nervios habían sido sustituídas por las hipótesis que tomaban en consideración los nuevos descubrimientos. La primera suposición sobre el nexo entre el movimiento muscular y la electricidad fue planteada por Hauksbee -según Walker- ya en 1709[3]. Se comenzó a especular acerca de que los nervios estaban rodeados por una especie de líquido eléctrico que con gran velocidad se difundía desde el cerebro y provocaba la contracción muscular.

Otra fuente de teorías acerca de la electricidad animal era el estudio de los peces eléctricamente activos. Ya Galeno aplicó las sacudidas eléctricas de un torpedo con fines terapéuticos; este efecto se estudió en la Academia del Cimento, y en el siglo XVIII fue investigado por Renato Réaumur, sin que fuera revelada la naturaleza eléctrica de la sacudida. El secreto fue descubierto durante los experimentos realizados con una especie de anguila antes desconocida, descubierta por el sabio francés Richer en 1671 y, por segunda vez, por Ch.M. de la Condamine en 1745. La similitud entre las sacudidas de los peces y la producida por la botella de Leiden fue advertida en 1751 por el botánico Adanson[4]. A la misma conclusión arribó el físico holandés Jan Sebastian Allamand, quien había estudiado dichas sacudidas en la Universidad de Leiden en 1758-1761. Pero la cuestión seguía siendo discutible, incluso después que John Walsh realizara sus experimentos para estudiar la naturaleza eléctrica de la sacudida de la anguila y la demostrara, no con la similitud de sensaciones, sino con las indicaciones del electrómetro de Lane. Los que abrigaban dudas señalaban la ausencia de chispas, chasquido y atracción de cuerpos livianos. Las dudas fueron disipadas por William Henly, quien obtuvo chispas de un torpedo, y por Walsh, quien las obtuvo de una anguila.

De este modo, antes de Galvani se había ido estructurando la colaboración entre físicos y biólogos (ana-

tomistas, médicos) para el estudio de fenómenos bioeléctricos; luego se promovieron las hipótesis sobre la existencia de la electricidad animal como agente con la ayuda del cual se realizan los movimientos musculares y fue demostrada la capacidad de los peces de dos especies para generar electricidad "corriente".

El interés de Galvani por los fenómenos electrofisiológicos obedeció al estudio del mecanismo de los movimientos musculares y se manifestó a la hora de demostrar la naturaleza eléctrica de la sacudida de los peces. En 1772 presentó en el Instituto científico de Bolonia un informe sobre los experimentos de Haller, y el 6 de noviembre de 1780 registró en el diario sus propios experimentos con la máquina electrostática de Ramsden, profesor de física de la Universidad de Pisa.

En 1781 apareció el *Tratado sobre el veneno de las víboras*, de Felice Fontana, según el cual los movimientos musculares se debían a la electricidad; el sabio propuso como tarea inmediata indagar esta cuestión por vía experimental[5]. Así pues, los experimentos y los descubrimientos de Galvani se inscribían totalmente en la lógica de la labor investigativa en fisiología, si bien históricamente no lo hacían en forma directa.

Las investigaciones de Galvani contienen tres ciclos de experimentos, distintos por principio, dos de los cuales quedan descritos en su tratado fundamental *Sobre el efecto de la electricidad en el movimiento muscular*, y el tercero fue realizado en el proceso del debate.

Recordemos sucintamente el desarrollo lógico de los experimentos de Galvani, tal como se reflejó en el tratado, por cuya crítica comienza el debate.

La observación primaria (hecha no antes de 1780 y no más tarde de 1786) se debió no al propio Galvani, sino a sus asistentes: con más probabilidad, a su esposa y a su sobrino. Uno de ellos advirtió la contracción convulsiva de la pata de una rana disecada al tocársele su nervio femoral con un bisturí; el otro, que ello se producía solo en el momento de aparecer la chispa en el descargador de la máquina eléctrica instalada sobre la misma mesa. Variando los experimentos, Galvani estableció que la mano del experimentador debía necesariamente tocar la hoja del bisturí o

los clavos con los que ésta estaba fijada a su mango y que la contracción era tanto más fuerte, cuanto más cerca de la máquina estaba el preparado. En 1785, Galvani observó contracciones análogas de la pata durante las descargas de relámpagos al aire libre.

En este primer ciclo de experimentos hubo una fuente exterior generadora de electricidad, por lo que no guardaron relación directa con las hipótesis sobre la electricidad inherente a todo el reino animal. Señalemos que en el período del estudio de la electricidad anterior a Galvani y Volta, los estudiosos habían tenido que ver no solo con fenómenos electrostáticos, a los que Ampère en 1820 contrapuso los electrodinámicos, es decir el movimiento de la electricidad en un circuito de corriente continua, sino también con procesos no estacionarios mucho más complejos: las descargas de distinto tipo. La conceptuación teórica del descubrimiento de la descarga por chispas se tradujo en que, en vez de hablar de fluidos eléctricos, se comenzó a hablar de fuego eléctrico, pero se siguió usando el lenguaje de los conceptos electrostáticos, aunque en 1759 el académico petersburgués F.U.T. Aepinus construyera el modelo teórico de descarga de la botella de Leiden como fenómeno oscilatorio[6]. Para no volver a la primera serie de experimentos, destacaremos que Volta, muy erudito en electrostática, explicó las contracciones musculares con el efecto del "impacto regresivo". En 1779, Charles Mahon introdujo este concepto para explicar la muerte de animales pequeños a gran distancia del impacto del rayo; consideraba que los animales habían estado cargados con electricidad atmosférica de signo contrario al de la carga de la nube por inducción electrostática.

En realidad, el circuito pata — bisturí — experimentador (o alambre metálico largo — conductor nervioso, según Galvani, de hecho una antena) servía como receptor de las ondas electromagnéticas amortiguadas de la descarga por chispas, y la pata, como detector. La explicación correcta de dicho fenómeno no podía darse antes de la inducción eletromagnética, descubierta por Faraday (1831), sino después de los experimentos de Hertz, realizados en 1887-1888. Se requiere un estudio especial para establecer quién fue el primero en dar una explicación moderna a la primera serie de experi-

mentos de Galvani. En el artículo de Carlo Rossi, expresamente dedicado a esta cuestión[7], hay una referencia al libro de Pohl (1936). Lamentablemente, no queda aclarado cuándo el propio Rossi comenzó a dedicarse a la interpretación radiofísica de los experimentos de Galvani, ya que dicho libro es la 2a edición de una recopilación de artículos que no hace referencias a las fechas de sus publicaciones originales. Lebedinski menciona sucintamente el registro de un radiotelegrama enviado en 1923 de París a Rennes con la ayuda de una patita de rana[8].

No obstante, también hoy los autores de libros sobre la historia de la física o bien -siguiendo a Rosenberg, quien redactara su tratado antes de los experimentos de Hertz- escriben sobre el "impacto regresivo", o bien no comentan, e incluso en general desatienden totalmente los primeros experimentos de Galvani. Y es explicable: la lógica de sus experimentos no tuvo nada que ver con la lógica del desarrollo de la física: primero, fue descubierto un fenómeno redescubierto un siglo después, y luego el fenómeno que condujo a la invención del generador electroquímico de corriente continua, utilizado, en particular, también por Hertz para obtener ondas elecromagnéticas no amortiguadas.

El segundo ciclo de experimentos de Galvani se puede dividir en tres etapas, relacionadas con tres observaciones, inesperadas para él pero no casuales. I) A veces, con cielo despejado, se observaban las contracciones de las patas, preparadas para futuros experimentos y suspendidas sobre ganchos en el enrejado de hierro de la valla. 2) Se observaban contracciones no relacionadas con el estado eléctrico de la atmósfera. Galvani supuso que al contactar el enrejado de hierro con el gancho de cobre pasado a través de la médula espinal de la rana, la electricidad atmosférica se iba acumulando, y al contactar el gancho con la baranda, se descargaba. Luego Galvani repitió el experimento con un gancho de cobre y una lámina de hierro en el laboratorio y obtuvo contracciones de las patas a diferentes horas del día y en diferentes lugares, destacándose que las convulsiones al contactar con algunos metales eran más fuertes que al contactar con otros. 3) Galvani empleó en vez de metales vidrio, alquitrán, goma, piedra, madera seca e, inesperadamente para él, las patas no se

contraían. ¿Por qué inesperadamente? Galvani conocía sobre física lo suficiente para considerar, de acuerdo con las nociones de su época, que la fuente de electricidad eran los aisladores, y los metales no eran más que conductores de la electricidad. Precisamente la ausencia de convulsiones al contactar con aisladores sirvió de motivo para suponer que la electricidad se hallaba dentro del animal.

De este modo, tras componer un circuito cerrado con metales contactantes y un preparado neuromuscular, Galvani comprendió que estaba frente a un fenómeno nuevo y dedujo de él la electricidad animal, prevista por el pensamiento teórico de los fisiólogos (¡pues los metales eran considerados no eléctricos!). A continuación en el tratado se muestra que la electricidad animal tiene muchas propiedades comunes con la corriente, con la de los peces específicos y es inherente a todos los animales. Aquí vemos el primer aspecto trágico: una conclusión totalmente correcta, basada en experimentos interpretados incorrectamente. La "tarea extra" propuesta por Galvani era obtener pruebas, experimentales de la existencia de la electricidad animal,cosa que logró en 1794.

En la cuarta parte del tratado, titulada *Algunas suposiciones y conclusiones*, se expone una hipótesis concreta sobre el origen de la electricidad animal y el mecanismo del movimiento muscular. Podríamos no detenernos en la misma, tanto más que el propio Galvani estaba dispuesto a rechazarla inmediatamente "si no se avienen a ella los estudiosos y si la ventaja de otra hipótesis es demostrada bien por descubrimientos de los físicos, bien por nuevos experimentos efectuados en este sentido"[9], pero su vulnerabilidad dio pábulo para los primeros ataques críticos de Volta, concentrados posteriormente en el problema cardinal de la existencia o inexistencia de la electricidad animal.

Brevemente, según la hipótesis de Galvani, la fuente de electricidad animal es el cerebro, desde el que la misma se propaga por los nervios, cuya parte interior es conductora, y la exterior, "oleosa", aisladora, pudiendo la electricidad concentrarse en los músculos durante largo tiempo: la fibra muscular es una botella de Leiden, la carga externa es negativa; la inter-

na, positiva; los músculos son una batería de botellas de Leiden. Los impulsos procedentes del cerebro alteran el equilibrio eléctrico y los músculos se contraen, igual que al funcionar una fuente de electricidad exterior (se produce una descarga a través del nervio entre la capa externa e interior del músculo, la cual excita las fibras musculares y éstas se contraen).

El tratado de Galvani fue publicado en 1791 en los *Comentarios* de la Academia de Ciencias de Bolonia y suscitó enorme interés: en 1791-1793 aparecieron cinco ediciones latinas, dos italianas y una en Praga en alemán. Muchos repetían exitosamente los experimentos de Galvani y saludaban el descubrimiento de la electricidad animal. Pero no faltó quién -Alessandro Volta, profesor de física de la Universidad de Pavia- muy rápidamente pasara de la admiración a las dudas. ¿Por qué las dudas le asaltaron precisamente a él? Recordemos algunas circunstancias de la vida y la obra de Volta antes de 1792 sustanciales para el tema que nos ocupa[10].

Alessandro Giuseppe Antonio Anastasio Volta (1745-1827) nació y se educó en una antigua familia noble de la ciudad lombarda de Como, situada cerca de la frontera con Suiza.

Se desarrolló Alessandro de un modo poco corriente: a los cuatro años no sabía hablar, mas en la escuela manifestó brillantes aptitudes, lo que impulsó a familiares y amigos a prestarle apoyo material para que continuara sus estudios, que inicialmente eran humanitarios. A la edad de 18 años, Volta mostró interés por la física y la química y, en especial, por los tratados de Joseph Priestly escritos como un largo poema redactado a la manera del poema de Tito Caro Lucrecio *De la naturaleza de las cosas*. De 1763 data el inicio de una correspondencia sistemática entre Volta y Gianbatista Beccaria, profesor de la Universidad de Turín, a la sazón el más connotado investigador italiano en el campo de la electricidad (se conservaron 14 cartas correspondientes a 1763-1774) y la carta enviada al abad Nollet, prestigioso físico francés, en la que se expresa la convicción de que la ley de la interacción de las descargas eléctricas es análoga a la ley de la gravitación universal de Newton.

De este modo, a los 18 años, al familiarizarse con los problemas de la física y química, Volta determinó sus intereses científicos, rechazando los consejos de los familiares que le proponían optar, siguiendo el ejemplo de sus tres hermanos mayores, por la carrera eclesiástica. Un detalle curioso para comprender el carácter de los dos "duelistas": Galvani se hizo naturalista habiendo accedido a los consejos de sus familiares; Volta, habiendo vencido la resistencia de éstos.

En 1769 apareció el primer trabajo de Volta *Sobre la fuerza de atracción del fuego eléctrico*, en el que, particularmente, se describen los experimentos de electrización por frotamiento de dos metales distintos. Era un experimento bien original, ya que por aquella época en general se dudaba de la posibilidad de electrizar los metales por un proceso mecánico. Se consideraba que podían ser electrizados los "eléctricos" (los dieléctricos. - *Nota del autor del artículo*), y que los no eléctricos o los conductores, de estar aislados, solo podían ser cargados desde una fuente exterior. Evidentemente, en el éxito de este trabajo radica la orientación creadora de Volta, que predeterminó su enfoque de los fenómenos descubiertos por Galvani. Entre los ampliamente conocidos descubrimientos posteriores de Volta, hechos antes de 1792, el descubrimiento del electróforo (1775) guardó relación directa con el debate en cuestión. Este descubrimiento fue hecho sobre la base de los inventos de F.U.T.Aepinus y abrió el camino, por un lado, hacia el diseño de máquinas de nuevo tipo para obtener electricidad, y, por el otro, para que el propio Volta creara el método de detección de pequeñas cargas (el electroscopio con condensador).

En su conjunto los trabajos de Volta correspondientes a 1769-1791 lo caracterizan como un gran físico con interés preferente por la electricidad[11]; realizó importantes investigaciones en el dominio de la química, descubriendo, en particular, el gas metano. En física y química, manifestó atracción por las invenciones técnicas, por el empleo práctico de los descubrimientos científicos: la lámpara de hidrógeno, el "eslabón de hidrógeno", es decir, el encendedor a secas, y -en el empalme de los descubrimientos físicos y químicos- la

"pistola eléctrica" (1775) y su empleo para la telegrafía (1777).

No se sabe con exactitud cuándo se recibió en Pavia el tratado de Galvani, pero en el primer comentario de Volta sobre el descubrimiento de éste está contenido en carta a Giuseppe Baronio, médico del Hospital de Milán, fechada el 3 de abril de 1792, donde dice que comenzó a repetir los experimentos de Galvani con 8-10 días de antelación a esa fecha. El mismo día del 3 de abril, un colega de Volta, Bassiano Carminati, comunicó a Galvani haber recibido de parte de Fontana un ejemplar de su tratado y sobre el interés que éste había suscitado en Volta[12]. Una particularidad de la polémica sostenida entre Galvani y Volta es la ausencia de contactos directos.

La mencionada carta de Volta a Baronio fue publicada en la Revista físico-médica editada en Pavia por Luigi Brugnatielli. En esa revista, así como en la revista *Anales de Química*, editada también por Brugnatielli, aparecieron también los estudios ulteriores de Volta, fundamentalmente en forma de cartas a distintos sabios. (Era el período de transición cuando los sabios dejaron de comunicarse a través de la correspondencia personal y pasaron a la publicación de artículos en revistas, cuyo número iba creciendo rápidamente).

El 5 de mayo de 1792, Volta pronunció en la Universidad de Pavia un extenso discurso sobre la electricidad animal. Dicho discurso se cita como "El primer artículo sobre la electricidad animal". En el párrafo I, Volta cataloga el descubrimiento de Galvani entre los "grandes y brillantes descubrimientos" y considera que "la existencia de la electricidad, propia de todos los animales de sangre fría y de sangre caliente y que surge de la propia organización de estos últimos" queda demostrada con evidencia por Galvani "a base de muchos experimentos bien concebidos y minuciosamente descritos"[13]. En los párrafos 17-20 evalúa muy críticamente las hipótesis de los fisiólogos sobre la electricidad animal y, en definitiva, llega a la conclusión de que solo Galvani, con sus experimentos directos, la incluyó entre las verdades demostradas, y por lo tanto, "se le debe a él, pues, todo el mérito y la originalidad de este magno y asombroso descubrimiento"[14].

Un elemento crítico en el discurso se halla en el párrafo 33 y se refiere a la dirección del movimiento del fluido eléctrico o de la electricidad positiva con "la descarga espontánea o natural": según Galvani, desde la parte interior del músculo hacia la externa; según Volta, al contrario[15].

En el "Artículo segundo sobre la electricidad animal", que trata fundamentalmente de las mediciones cuantitativas de los efectos en las distintas variantes de experimentos con animales disecados, ofrecen particular interés los párrafos 69-73 y, en especial, el párrafo 72, en el que Volta, por vez primera, refiriéndose a la indicación del propio Galvani en su tratado, escribe sobre la necesidad de emplear dos metales diferentes, pero solo en el caso de experimentar con animales "en forma íntegra", puesto que dicha condición "no es absolutamente necesaria en el caso en que los nervios estén denudados y aislados"[16]. Así, pues, Volta observó convulsiones con el empleo de un solo metal; no obstante, ulteriormente, en el proceso del debate la suficiencia de un solo metal volvió a demostrarse más y más por los partidarios de Galvani.

Aunque en 1792 Volta no discutía aún contra la existencia de la electricidad animal, sino que criticaba únicamente el modelo concreto de Galvani, el debate comenzó. El 28 de julio de 1792 en Modena salió a luz una nueva edición del tratado de Galvani que traía adjunta la referida carta de Carminati y la respuesta de Galvani al mismo, así como un Suplemento de Giovanni Aldini,sobrino de Galvani,quien era por lo visto,el que había concebido dicha edición,ya que no figuraba allí ni una sola palabra sustancialmente nueva del propio Galvani.En cambio,Aldini se mostró muy activo en la polémica también en los años posteriores continuando experimentos. Galvani, como ya se ha dicho, no insistía en el carácter definitivo de la explicación que había dado al mecanismo de acción de la electricidad animal.

Corolario de las energías manifestadas por Aldini fue el hecho de que en noviembre de 1792, Volta, habiendo reconocido en él a un "padrino de duelo", le dirigiera el "Artículo sobre la electricidad animal". Lo nuevo en este artículo, así como en las cartas del 3 de setiembre y el 25 de octubre de 1792, enviadas a Londres a Tiberio Cavallo para la Royal Society of London, era

la renuncia total al modelo concreto de Galvani (a la analogía con la botella de Leiden) y el descubrimiento, ya por el propio Volta, de un nuevo fenómeo o, según dice él, de una nueva ley: al emplearse dos metales distintos como arco de unión, "el paso del fluido eléctrico, paso que no es momentáneo -como lo sería la descarga-, sino permanente y que continúa todo el tiempo que se mantiene la comunicación entre ambas armaduras, tiene lugar independientemente de si están puestas esas armaduras sobre una materia animal viva o muerta, o sobre otros conductores no metálicos pero lo suficientemente aptos, como, por ejemplo, sobre el agua o sobre cuerpos mojados con ella"[17].

Pero, ¿qué es de la electricidad animal?

En el interesantísimo punto 16 de la primera carta a Cavallo fechada el 3 de setiembre de 1792, Volta escribe que se ha descubierto una nueva ley, una electricidad desconocida antes, que él repitió los experimentos desde este nuevo punto de vista y se convenció de que la electricidad animal natural y orgánica propiamente dicha sí existe y no puede ser rechazada totalmente[18].

Tras describir los experimentos con armaduras de un mismo material pero con diferente temperatura (de hecho, había descubierto la termoelectricidad, pero no lo advirtió) y multitud de modelos de arcos de unión, unos de los cuales, pese a la aparente homogeneidad presentaban contracciones y otros no, Volta afirma que si "Galvani u otros" insisten en obtener contracciones empleando armaduras de un solo metal, él dirá que éstas se distinguen unas de otras bien por el calor, bien por el temple, bien por el pulido y el brillo.

El segundo argumento de Volta consistía en decir que recurrir a otro principio simplemente supuesto, es decir, a la falta natural de equilibrio del fluido eléctrico en los órganos animales... era multiplicar inútilmente las causas que producen efectos de una misma naturaleza. Al hablar de la unidad del mecanismo de obtención de la electricidad en los procesos del reino animado e inorgánico, Volta llega a extremos (un papel negativo lo desempeñó aquí el hecho de que en los experimentos de Galvani los preparados biológicos habían desempeñado funciones tanto de indicadores como de generadores de electricidad, y esto último se había ex-

presado en lo cuantitativo de manera mucho más débil que en el par de metales), fácilmente explicables por las particularidades de su carácter. Entusiasmándose con la lucha, ansiaba un triunfo completo y definitivo.A diferencia de Volta, Galvani no busca la lucha, mas tampoco quiere traicionar la verdad, más aún porque como médico cifra en ella grandes esperanzas. Por eso publica la pequeña obra anónima "Sobre el uso y la importancia del arco conductor en las contracciones musculares" (Modena, 1794) con un Suplemento conteniendo la descripción de los experimentos de contracción de los músculos en un circuito integrado por músculos y nervios sin metal alguno. La autoría de Galvani se estableció hace mucho, aunque no se puede negar la participación de Aldini en la realización de los experimentos.

En el curso de la polémica, cada uno de los partidarios de la electricidad animal la interpretaba a su favor, pero además ampliaba su teoría. Primeramente Volta tuvo que reconocer que no era obligatorio tener dos metales distintos; basta con que haya heterogeneidad en la estructura de un mismo metal. Ello proporcionaba la posibilidad complementaria de introducir el término electricidad metálica en vez de electricidad animal. Ahora bien, después de publicado el tratado anónimo, tuvo que consignar (en la tercera carta a Vassali, fechada el 27 de octubre de 1795) que también los contactos entre los conductores no metálicos húmedos pueden producir electricidad.

Entretanto, según reconociera también el propio Volta, el tratado anónimo había inclinado el platillo de la balanza de la polémica a favor de Galvani. Empero Volta siguió trabajando activamente (subjetivamente, para refutar la existencia de la electricidad animal; objetivamente, para crear una fuente electroquímica de corriente continua). Como una etapa importante se consideró el hecho de que hubiera descubierto, con la ayuda de un duplicador de Nicholson, la electricidad por contacto (1796), que le permitió fundamentar la existencia de la "serie de tensiones", pero de hecho Volta medía la tensión en los polos de un elemento galvánico abierto, ya que entre las láminas metálicas siempre se intercala agua.

Estando absolutamente seguro de su razón, Volta se-

guía haciendo justicia a los descubrimientos experimentales de Galvani. El año de 1796 añadió a las discrepancias científicas de Galvani y Volta existentes una oposición de otra índole. En abril, el Directorio envió a Italia Septentrional un ejército al mando del general Napoleón Bonaparte. En mayo éste ocupó Milán y Pavia, y en junio las tropas del general Augereau entraron en Bolonia. En enero de 1797 las tropas austríacas fueron derrotadas definitivamente cerca de Rivoli y en junio se constituyó la República Cisalpina, dependiente de Francia, de la que pasaron a formar parte tanto Pavia como Bolonia (en virtud del tratado de paz concertado ya en febrero con el Papa). Para Volta esto significaba la sustitución de la dominación austríaca por la francesa; para Galvani, la conquista de la Italia católica por los ateos foráneos. Galvani se negó a jurar fidelidad a la República Cisalpina y abandonó la Universidad, aunque no tenía otros medios de subsistencia. La blandura de carácter no le privó de firmeza en sus convicciones y comportamiento.

El debate prosiguió también en esos años agitados, pero Galvani ya no tenía laboratorio. El último paso dado por Galvani fue la carta enviada al abad Lazzaro Spallanzani como sabio altamente prestigioso y como colega de Volta.

La reacción de Volta fue la carta anónima a Aldini (abril de 1798), la cual otra vez comenzaba por alabar a Galvani por su descubrimiento. Luego expone en tercera persona los experimentos y argumentos de su "compatriota Volta" y a continuación sigue la frase: "Pero, ¿cree Ud. sinceramente, mi querido Aldini, que la electricidad animal, en el verdadero sentido, proviene de la actividad de los órganos como resultado de la acción interna de las fuerzas vitales, como lo afirman Galvani y otros y como se subraya en el último trabajo de 1797?"[19]. "Pues yo mismo sí creo e insisto -continúa Volta- en que dicha electricidad es exclusivamente artificial y se produce por contacto de las sustancias entre sí o por otras circunstancias, y estimo que desarrollo los argumentos del referido Volta"[20]. La controversia no necesitaba ya de experimentos después de que las contracciones ya se habían observado tanto en preparados biológicos puros como sin ellos.

Los físicos, sobre todo los ingleses, estaban de par-

te de Volta, pero los médicos y los fisiólogos, particularmente en Italia y Alemania, apoyaban las tesis de Galvani.

Galvani no vivió hasta el triunfo "definitivo" de Volta traducido en la invención de la columna voltaica, pero los ininterrumpidos ataques y la obstinada negación de la verdad, evidente para él y fundada en experimentos directos, no pudieron dejar de constituir un complemento sustancial en las veleidades de su destino personal.

Galvani vivió 61 años; Volta, 82.

El duelo fue trágico por su esencia científica, y de una conducta moralmente ideal en ambos rivales. Lo trágico de la incomprensión mutua (A.Lebedinski califica a Volta de enemigo irreconciliable de Galvani)[21], lo que no podía anular siquiera el carácter correctísimo de la disputa, tenía tanto motivos científicos propiamente dichos, como psicológicos. La primera es que Galvani y Volta eran representantes de diferentes ciencias. La segunda, que ambos no eran ya jóvenes, ni flexibles, estaban centrados en su propia concepción. El único que se orientó oportunamente en la situación fue Alejandro Humboldt, quien en el momento de aparecer el tratado de Galvani tenía 22 años. Habiendo repetido las experiencias de ambos contrincantes y realizado sus estudios independientes, comprendió que Galvani había descubierto tanto la electricidad "metálica", como la "animal", pero publicó su tratado en dos tomos solo en 1797-1799, cuando su apoyo a Galvani no podía ya cambiar nada[22]. Ambos contrincantes no advirtieron el quimismo del fenómeno, lo que era natural en Galvani, ya que la bioquímica en la ciencia del siglo XX, y la bioquímica no es química a secas; en cambio, Volta había tocado con la lengua distintos metales y sentido un sabor ora agrio ora alcalino sin que advirtiera en esto un fenómeno químico.

Como resultado, a pesar del contraste de posturas subjetivas mutuamente excluyente, Galvani y Volta realizaron una síntesis grandiosa de largo alcance. La invención de la columna voltaica es resultado de la controversia, no solo porque, -aunque Galvani fue el primero en trabajar con un circuito cerrado del elemento galvánico-, el que interpretó dichas experiencias fue Volta, y no solo porque Volta reconoció el

papel de los conductores húmedos solo en el curso de la controversia, sino también porque, según lo ha demostrado E.C.Walker[23], Volta se apoyó en la analogía con la estructura del órgano eléctrico del torpedo, es decir, apeló a la electricidad animal, que él negaba a la rana, y fue de hecho un inventor-biónico (el primer nombre de la columna voltaica dado por él mismo fue órgano eléctrico artificial).

Permitámonos comparar la controversia con la colisión de dos globos -la fisiología y la electrofísica-, de exponentes de las ciencias de la materia animada e inanimada. Hay razones para considerar dicha colisión como elástica: ambos globos, tras haber chocado, se separaron sin sufrir, durante aproximadamente un cuarto de siglo, cambios de principio ni enriquecerse con descubrimientos sustanciales: los principales logros de la física de ese período se alcanzaron en el campo de la óptica (Young, Fresnel, Malus) y la termofísica (Fourier), y el progreso en fisiología (Bell y Magendie) no estuvo ligado a la electricidad animal.

Por otra parte, la misma controversia puede compararse con un choque no elástico, es decir, con el paso de la energía a una nueva calidad, inmediatamente apareció y comenzó a desarrollarse impetuosamente una nueva ciencia: la electroquímica (Nicholson y Carlyle, Davy, Berzelius) y surgió la electrotecnia (el arco de Petrov, el telégrafo de Sömmering). Esas nuevas ciencias estimularon la evolución de la columna voltaica hacia la pila, con la ayuda de la cual Oersted descubrió el electromagnetismo, y los aparecidos instrumentos eléctricos de medida permitieron a Matteucci en 1837 restablecer en sus derechos el descubrimiento de Galvani, y luego a Du Bois Reymond y a otros estudiar procesos electrofisiológicos cada vez más íntimos, hasta la indagación del mecanismo de surgimiento de la diferencia de potencial en membranas intracelulares.

Tal es el carácter trágico -con sus aspectos objetivo y subjetivo- de las controversias sostenidas en el empalme de las ciencias que condujo al surgimiento de nuevas ciencias afines (situación que se da cada vez con más frecuencia).

En nuestro siglo, en que el prestigio de la ciencia ha crecido en forma insospechada; en que a la ciencia llegan millones de personas, sin que en modo alguno pue-

da llamarse sabio a cada estudioso; en que a menudo se juzga al hombre de ciencia solo por sus éxitos; en que no es fácil en el trabajo colectivo realizar la legítima aspiración a afirmar su propia personalidad y en que la ciencia roza el destino del planeta; en nuestro siglo los criterios morales para aquilatar a los hombres de ciencia, las colectividades y las escuelas científicas son absolutamente necesarios por sus indicaciones vitales para la ciencia y la humanidad.

---

[1] F.Rosenberg. *Historia de la física*, Parte 3, fasc.1, Moscú-Leningrado, 1935, págs. 92-93 (en ruso).

[2] H.E.Hoff. "Galvani and pre-galvanian electrophysiologists", *Annals of Science*, 1936, v.I, N.2, pp. 162-163.

[3] W.C.Walker. "Animal electricity before Galvani", *Annals of Science*, 1937, vol.I, N.I, p. 86.

[4] A.V.Lebedinski. "El papel de Galvani y Volta en la historia de la fisiología", *A.Galvani, A.Volta. Obras escogidas sobre electricidad animal*, Moscú-Leningrado, 1953, pág. 29 (en ruso).

[5] H.E.Hoff. *Ob.cit.*, p. 168.

[6] F.U.T.Aepinus. *Teoría de la electricidad y del magnetismo*, Moscú-Leningrado, 1951, págs. 84-85 (en ruso).

[7] C.Rossi. *Dalla rana di Galvani al volo muscolare*, Milano, 1945, p. 5.

[8] A.V.Lebedinski. *Ob.cit.*, pág. 31.

[9] A.Galvani, A.Volta. *Obras escogidas sobre electricidad animal*, Moscú-Leningrado, 1953, pág. 77 (en ruso).

[10] B.Dibner. *Alessandro Volta and the electric battery*, New York, 1964, pp. 23-26.

[11] Véase M.Gliozzi. *Storia della Fisica*, Torino, 1965.

[12] J.F.Fulton, H.Cushing. "A bibliographical study of Galvani and the Aldini writings on animal electricity", *Annals of Science*, 1936, col.I, N 3, p.244.

[13] *Le Opere di Alessandro Volta*, Milano, 1918, vol.1, p. 15. Memoria prima: Sull' elettricità animale.

[14] Ibid., p. 24.

[15] Ibid., p. 29.

[16] Ibid., p. 64.

[17] Ibid., p. 189.

[18] Ibid., p. 180.

[19] *Le Opere di Alessandro Volta*, ed.cit., p. 522.

[20] Ibidem.

[21] A.V.Lebedinski. *Ob.cit.*, p. 35.

[22] M.Brazier. "The evolution of concepts relating to the electrical activity of the nervious system 1600 to 1800", *The history and phylosophy of knowledge of the brain and its functions. An Anglo-American Symposium, London, July 15-17-th, 1957*, Amsterdam, 1973, p. 217.

[23] W.C.Walker. *Op.cit.*, p. 112.

HISTORIA DE LA CIENCIA: INVESTIGACIONES SOVIETICAS

Sumario del II tomo

AUTORES DE LA RECOPILACION

FEDOSEEV P., miembro efectivo de la AC de la URSS, vicepresidente de la misma. Presidente de la Sección de Ciencias Sociales de la Presidencia (AC de la URSS). Presidente del Consejo de Redacción de la Redacción "Ciencias Sociales Contemporáneas". Es autor de muchos trabajos sobre dialéctica del desarrollo social contemporáneo, la interacción de las fuerzas productivas y las relaciones de producción, el papel de las masas y la personalidad en la historia, problemas del humanismo, incluidas las monografías: *El comunismo y la filosofía*; *El marxismo en el siglo XX*; *Marx, Engels, Lenin y la contemporaneidad*.

KEDROV B., miembro efectivo de la AC de la URSS, jefe de sector del Instituto de Historia de las Ciencias Naturales y la Técnica (AC de la URSS), miembro efectivo de la Academia Internacional de la Historia de la Ciencia. Es autor de gran número de monografías, incluidas: *Lenin y las revoluciones científicas*; *Tres aspectos de la atomística*; *Clasificación de las ciencias*; *Lenin y la dialéctica de las ciencias naturales del siglo XX*; *Microanatomía de un gran descubrimiento. Con motivo del centenario de la ley de Mendeléev*.

LEZHNEVA O., candidata a doctora en Ciencias Físico-Matemáticas, colaboradora científica del Instituto de Historia de las Ciencias Naturales y la Técnica (AC de la URSS). Se especializa en historia de la física, es autora de varios trabajos sobre el tema.

MARKOV M., miembro efectivo de la AC de la URSS, académico-secretario de la Sección de Física Nuclear (AC de la URSS).Es autor de gran número de trabajos sobre problemas de la física nuclear.

MOCHALOV I., doctor en Ciencias Filosóficas, colaborador científico del Instituto de Historia de las Ciencias Naturales y la Técnica (AC de la URSS). Es autor de los libros: *Vladímir Ivánovich Vernadski*; *V.I. Vernadski, hombre y pensador* y de otros trabajos científicos.

SOLOVIOV Yu., doctor en Ciencias Químicas, jefe de sector del Instituto de Historia de las Ciencias Naturales y la Técnica (AC de la URSS). Miembro correspondiente de la Academia Internacional de la Historia de la Ciencia. Es autor de varias monografías, entre ellas de: *Historia de la doctrina de las disoluciones*; *Historia de la química*; *Ensayos de historia de la química física* y *Evolución de los problemas teóricos fundamentales de la química*.

TATARINOV Yu., candidato a doctor en Ciencias Técnicas, colaborador científico del Instituto de Historia de las Ciencias Naturales y la Técnica (AC de la URSS). Se especializa en problemas sociológicos de la ciencia, es autor de varios trabajos sobre el tema.

YANSHIN A., miembro efectivo de la AC de la URSS, Vicepresidente de la misma, director del Instituto de Litosfera (AC de la URSS), redactor jefe de la "Serie científico-biográfica". Es autor de gran número de trabajos sobre distintos aspectos de la geología.

YAROSHEVSKI M., doctor en Ciencias Psicológicas, jefe de sector del Instituto de Historia de las Ciencias Naturales y la Técnica (AC de la URSS). Es autor de varias monografías, incluidas: *Psicología del siglo XX*; *Historia de la psicología*; *Iván Mijáilovich Séchenov*; *Séchenov y el pensamiento psicológico mundial*.

CIENCIAS SOCIALES

revista trimestral
de la Academia de Ciencias de la URSS
Se edita en español, inglés, francés, alemán y portugués

publica
artículos, resúmenes y reseñas de los más destacados científicos soviéticos
sobre

FILOSOFIA · HISTORIA · POLITICA · ECONOMIA · SOCIOLOGIA
DERECHO · FILOLOGIA · PSICOLOGIA · ETNOGRAFIA · ARQUEOLOGIA

Cuenta con rúbricas permanentes, tales como:

Reseñas de libros
Vida científica *Bibliografía*

Puede suscribirse a la revista a través de las firmas y librerías que divulgan ediciones periódicas soviéticas en su país y tienen relaciones comerciales con *V/O Mezhdunaródnaia Kniga* (113095), Moscú, URSS). La suscripción se puede pagar en moneda de su país

---

La revista se reproduce por contrato en bengalí: *Samaj Bijnan* (Bingsha Shatabdi Publishers, Calcutta, India); en penyabí: *Samaj Vigyan* (Navyng Press, Delhi, India); en japonés: *Shakai Kagaku* (Shakai Kagaku Co., Tokio, Japan); en griego: *Kinonikes Epistimes* (Editorial Sinhroni Epohi, Atenas, Grecia); en árabe: *Al Ulum al Ijtima'iya* (Editorial Dar el Farabí, Beirut, Líbano). Desde 1976, la Redacción publica en Moscú, en ruso, la revista bimestral *Obschéstvennie Naúki*.

La Redacción "Ciencias Sociales Contemporáneas" de la Academia de Ciencias de la URSS

da a conocer con regularidad al lector extranjero las últimas investigaciones de los especialistas soviéticos en distintas esferas de la ciencia de la sociedad. Encabeza el Consejo de Redacción el académico P.Fedoséev, Vicepresidente de la AC de la URSS; Redactor jefe: J.Grigulévich, miembro correspondiente de la AC de la URSS.

Las publicaciones de la Redacción se editan en series temáticas: 1.PROBLEMAS DEL MUNDO CONTEMPORANEO; 2.LA CIENCIA ECONOMICA SOVIETICA; 3.HISTORIA UNIVERSAL: ESTUDIOS SOVIETICOS; 4.HISTORIA DE LA URSS: NUEVOS ESTUDIOS; 5.PAISES EN DESARROLLO: PROBLEMAS Y PERSPECTIVAS; 6.ESTUDIOS ORIENTALES SOVIETICOS; 7.AFRICA: ESTUDIOS DE CIENTIFICOS SOVIETICOS; 8.AMERICA LATINA: ESTUDIOS DE CIENTIFICOS SOVIETICOS; 9.PROBLEMAS FILOSOFICOS Y SOCIALES DE LA CIENCIA Y LA TECNICA; 10.DERECHO: INVESTIGACIONES DE CIENTIFICOS SOVIETICOS; 11.INVESTIGACIONES ETNOGRAFICAS SOVIETICAS; 12.ESTUDIOS SOVIETICOS SOBRE LA RELIGION.

Las series están a cargo de los Consejos de redacción encabezados por directores de institutos de la AC de la URSS y destacados científicos, especialistas en la ciencia de la sociedad.

Entre los lectores figuran científicos, personalidades sociales y políticas, profesores, posgraduados y estudiantes, activistas de movimientos democráticos y de liberación nacional, de organizaciones sindicales juveniles y femeninas.

La Redacción envía el Catálogo de sus publicaciones a los lectores que lo solicitan y una o dos recopilaciones (de las que dispone la Redacción), a los suscriptores permanentes de la revista *Ciencias Sociales*.

Nuestras ediciones se distribuyen en más de 120 países del mundo a través de las firmas que tienen relaciones comerciales con V/O *Mezhdunaródnaya Kniga:*
113095, Moscú, URSS

Nuestra dirección:
REDACCION "CIENCIAS SOCIALES CONTEMPORANEAS"
ARBAT 33/12, MOSCU,121002, URSS

En 1985 aparecerán en español
las siguientes publicaciones:

Serie PROBLEMAS DEL MUNDO CONTEMPORANEO
Redactor responsable: J.Grigulévich, miembro correspondiente de la AC de la URSS

1. *Historia de la ciencia: investigaciones soviéticas* (en 2 tomos)
   Se analiza la historia de la ciencia, relacionada con la filosofía y metodología. Se publican también trabajos sobre la historia de ramas científicas por separado y sobre conceptos clave en la ciencia contemporánea.

2. *Expansión económica de EE.UU.* En 3 libros: *Europa Occidental*, *América Latina*, *Asia y Africa*
   Tratan de los distintos aspectos de la expansión económica de EE.UU., orientada a conquistar nuevos mercados de venta y fuentes de materia prima, la supeditación económica y política al capital de EE.UU. y la destrucción de la economía nacional de otros países.

Serie HISTORIA DE LA URSS: NUEVOS ESTUDIOS
Redactor responsable: Prof. S.Jrómov, doctor en Ciencias Históricas

1. *La sociedad soviética: problemas socioeconómicos*
   Los autores de la recopilación -destacados filósofos, economistas, historiadores y sociólogos soviéticos- exponen las cuestiones relacionadas con la política social y económica del PCUS, orientada a elevar constantemente el nivel material y cultural de vida del pueblo y a crear mejores condiciones para el desarrollo armonioso del individuo. Se da noción acerca del rumbo consecuente del partido con miras a alzar la eficacia de la producción y conjugar orgánicamente los adelantos de la revolución científico-técnica con las ventajas del sistema socialista de economía. Los autores revelan a fondo la estrategia creadora del PCUS en el perfeccionamiento del socialismo desarrollado.

2. *La Gran Guerra Patria del pueblo soviético y la contemporaneidad*
Se muestra el aporte decisivo hecho por la Unión Soviética a la derrota de Alemania fascista y Japón militarista, así como el significado de la victoria histórico-mundial sobre el fascismo para los destinos de la humanidad. Estas cuestiones se dilucidan en ligazón orgánica con la lucha actual que libra por la paz la URSS, otros países de la comunidad socialista y todas las fuerzas pro paz, contra la política militarista del imperialismo y contra la amenaza de una guerra termonuclear que éste aviva.

3. *Misión liberadora de la Unión Soviética en la Segunda Guerra Mundial*
Se expone el papel desempeñado por el pueblo soviético y sus Fuerzas Armadas en la lucha por liberar su Patria, salvar la civilización mundial, emancipa: muchos países de Europa y Asia y restablecer su independencia y soberanía nacional.

Serie PAISES EN DESARROLLO: PROBLEMAS Y PERSPECTIVAS
Redactor responsable: G.Kim, miembro correspondiente de la AC de la URSS

1. *Colaboración de la URSS con los países en desarrollo*
Se dedica a la cooperación de los países en desarrollo con la Unión Soviética y otros países de la comunidad socialista en política, economía, ciencia y cultura.

Serie AMERICA LATINA: ESTUDIOS DE CIENTIFICOS SOVIETICOS
Redactor responsable: J.Grigulévich, miembro correspondiente de la AC de la URSS

1. *Cuba: 25 años de construcción del socialismo*
Científicos soviéticos analizan la experiencia de las transformaciones socialistas en Cuba, la etapa actual de industrialización, el perfeccionamiento del sistema de dirección de la economía, la formación de la base material y técnica de la economía nacional.

2. *América Latina: petróleo y política*
Lucha de los pueblos latinoamericanos por su derecho a disponer de sus recursos nacionales, contra los monopolios petroleros estadounidenses.

3. *Procesos étnicos en los países de América del Sur*
Se publican nuevos estudios de etnógrafos soviéticos dedicados a la historia étnica de los pueblos de América Española (al sur del istmo de Panamá), Brasil y la región de Guyana.

Serie DERECHO: INVESTIGACIONES DE CIENTIFICOS SOVIETICOS
Redactor responsable: V.Kudriávtsev, miembro efectivo de la AC de la URSS

1. *Derechos del individuo en la sociedad socialista*
Esta obra trata, como su título indica, de los derechos y libertades del individuo, que son elementos inalienables de la democracia socialista, del sistema estatal y el orden jurídico soviéticos.

2. *El Cosmos y el Derecho*
En la recopilación se publican las investigaciones en teoría del Derecho Internacional Cósmico.

Serie INVESTIGACIONES ETNOGRAFICAS SOVIETICAS
Redactor responsable: Yu.Bromléi, miembro efectivo de la AC de la URSS

1. *S.Bruk. Procesos etnodemográficos. La población del mundo en el umbral del siglo XXI*
La recopilación contiene las principales características demográficas del mundo en general, de continentes y países por separado y también analiza las estructuras étnica, lingüística, racial y religiosa de la población del mundo.

Serie ESTUDIOS SOVIETICOS SOBRE LA RELIGION
Redactor responsable: J.Grigulévich, miembro correspondiente de la AC de la URSS

1. *Cristo: ¿el mito o la realidad?*
El autor, I.Kriveliov, doctor en Ciencias Filosóficas, basándose en la doctrina marxista-leninis-

ta, examina distintas variantes de la historicidad o lo mítico de Cristo a la luz de los materiales y fuentes científicos existentes.

2. *La religión en la URSS: verdad e invenciones*
Los autores de la recopilación explican las garantías y la libertad de practicar cultos religiosos y hacer propaganda ateísta en la URSS, el derecho de cada ciudadano, refrendado en la Constitución Soviética, a profesar cualquier religión o no profesar ninguna.

ИСТОРИЯ НАУКИ: СОВЕТСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
Том 1
Сборник статей на испанском языке
Серия "Проблемы современного мира", № 103
Цена 95 к



La recopilación, en dos tomos, ha sido preparada por científicos del Instituto de Historia de las Ciencias Naturales y la Técnica (AC de la URSS) para el XVII Congreso Internacional de Historia de la Ciencia (EE.UU., agosto de 1985). Se han incluido las nuevas investigaciones soviéticas en esta rama del saber.

En el presente tomo se examinan los problemas teóricos de desarrollo del conocimiento científico, vinculados estrechamente con las cuestiones de filosofía, lógica y metodología de la ciencia. Los artículos, dedicados al desarrollo de la ciencia en la URSS, abarcan un amplio diapasón de investigaciones en las más importantes disciplinas científicas. Se publican materiales concernientes a la concepción marxista-leninista de las investigaciones científicas históricas, artículos sobre la historia de diferentes aspectos de química, física, ciencias sobre la tierra y otras ramas del saber.

